



NÚMERO: 264/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**POLLYANA DE CARVALHO VARRICHIO**

**Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias  
produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor  
sucroalcooleiro no Brasil**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto  
de Geociências para obtenção do título de  
Doutor em Política Científica e Tecnológica.

**ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO ROBLES REIS DE QUEIROZ**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE  
DEFENDIDA PELO ALUNO, E ORIENTADO PELO PROF. DR.

---

CAMPINAS – SP

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
UNICAMP

V436u Varrichio, Pollyana de Carvalho, 1981-  
Uma análise dos condicionantes e oportunidades em  
cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso  
do setor sucroalcooleiro no Brasil / Pollyana de Carvalho  
Campinas, SP.: [s.n.], 2012.

Orientador: Sérgio Robles Reis de Queiroz.

**Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Instituto de Geociências.**

1. Alcool – Indústria - Inovação. 2. Recursos  
naturais. 3. Inovações tecnológicas. I. Queiroz, Sérgio  
Robles Reis de, 1956- I. Universidade Estadual de  
Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

**Título em inglês:** An analysis of constraints and opportunities in natural resource-based industries: the case of sugarcane industry in Brazil.

**Palavras-chaves em inglês:**

Alcohol – Industry - Innovation

Natural Resources

Technological y innovations

**Área de concentração:** PC&T – Política Científica e Tecnológica

**Titulação:** **Doutor em Política Científica e Tecnológica.**

**Banca examinadora:**

Sérgio Robles Reis de Queiroz (Presidente)

André Tosi Furtado

Lia Hasenclever

Luis Augusto Barbosa Cortez

Rogério Gomes

**Data da defesa:** 29-03-2012

Programa de Pós-graduação em Política Científica e Tecnológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**AUTORA:** Pollyana de Carvalho Varrichio

“Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil”.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz

Aprovada em: 29 / 03 / 2012

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Sérgio Robles Reis de Queiroz

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Sergio", is written over a horizontal line.

Presidente

Prof. Dr. André Tosi Furtado

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "André Tosi", is written over a horizontal line.

Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luis Augusto", is written over a horizontal line.

Profa. Dra. Lia Hasenclever

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lia Hasenclever", is written over a horizontal line.

Prof. Dr. Rogério Gomes

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rogério", is written over a horizontal line.

Campinas, 29 de março de 2012

*Aos meus pais pelo exemplo de vida e ao Gui pelo  
companheirismo!*



## **Agradecimento**

Reconhecer a importância de todos que me ajudaram durante todo esse período de elaboração da tese não é uma tarefa fácil, mas vamos lá! Entre 2007 e 2011 minha vida passou por inúmeras mudanças: uma de cidade, 2 de apartamento, 4 emprego e por último, acho que a maior delas – a maternidade chegou de forma surpreendente! Com certeza foram passos importantes na trajetória, que me transformaram como pessoa e isso inevitavelmente reflete-se neste trabalho.

Agradeço muito a Deus, por me manter confiante nesta longa caminhada e ter fé na importância da contribuição da ciência para a evolução da sociedade ao me levar a acreditar sempre em fazer aquilo que gostamos, mesmo nos momentos mais difíceis!

Primeiramente agradeço ao prof. Sérgio Queiroz, pela confiança depositada nesta longa caminhada, pela paciência e compreensão nos momentos de angústia, nas indagações e inúmeras mudanças que enfrentamos neste processo, tanto no que se refere à tese, como também à minha vida pessoal e profissional. Muito obrigada por entender as dificuldades que tive que enfrentar em conciliar todas as atividades e compromissos assumidos neste período! Com certeza esta longa convivência foi um intenso período de aprendizado, muito obrigada.

Gostaria de agradecer à CAPES pelo apoio oferecido pela bolsa de estudos concedida no período entre 2009 e 2010, no qual estive dedicada integralmente à tese.

Aos professores da banca qualificação, prof. André Furtado e prof. Rudinei Toneto, suas contribuições e críticas foram fundamentais para a construção deste trabalho. Agradeço a ajuda e o sempre gentil atendimento dos funcionários do Instituto de Geociências, especialmente à querida Val, à Gorete e à Adriana, com certeza a ajuda de vocês foi valiosa!

Sem dúvida, a contribuição dos vários pesquisadores de universidades e ICTs, assim como de todas as empresas de fabricantes de máquinas e equipamentos entrevistadas, juntamente com o auxílio do CEISE para realizá-las foi fundamental para os resultados deste trabalho, especialmente à sra. Vivian dos Santos e sra. Janaína Adriolli desta instituição.

Também agradeço aos colaboradores da área de biocombustíveis do BNDES, sr. Artur Milanez e sr. Diego Niko, que gentilmente disponibilizaram as informações sobre os desembolsos e operações destinados à cadeia produtiva sucroalcooleira.

Agradeço ao Gui pelo apoio incondicional (inclusive financeiro em alguns momentos!) em todo esse processo e pela admiração em meu trabalho. Obrigada pela compreensão e paciência, sei que

a convivência não foi tarefa fácil diante das mudanças e das constantes privações de tempo nos finais de semana. Saiba que sua dedicação valeu a pena, essa tese com certeza também é sua.

Agradeço à minha família pelo apoio, pela torcida constante e por me fazerem acreditar sempre neste trabalho e na minha carreira profissional. Obrigada pai e mãe pelo suporte e pela confiança em mim até hoje, vocês tiveram um papel fundamental neste trabalho por me fazer acreditar o tempo todo nele. Obrigada aos demais familiares pela torcida constante: Dan, Lu, Tia Nine, Luiz, Tia Aliene, Vô, Vó, Tio Ato, Mu, Vi, Luiza e todos os primos!

Agora agradeço aos meus amigos, aquelas pessoas especiais que escolhemos ao longo da caminhada e que me ajudaram de inúmeras formas. Aos amigos do DPCT: Ana Flávia e Daniel, Muriel e Jaime, Cris e André, Edi, Camila, Flávia Consoni, Vanderléia, Sônia, Eliane. A participação dos amigos queridos e únicos do IPT também foi muito valiosa: Tininha, Lu, Mari, João Emílio, Uirá, Graça, Grazi, Gilson, Elias e também à Denise Rodrigues que sempre reconheceu a importância e me incentivou com a tese. Na Inova a compreensão do prof. Lotufo, da Patrícia e da Rosália também ajudou bastante. Por fim, aos amigos da Natura, que apesar da curta convivência, tiveram enorme contribuição no meu aprendizado recente: obrigada a todo o time de Gestão e Redes de Inovação e particularmente à equipe de parcerias pelo apoio diário – Adriano Jorge, Léo, Zé, Ícaro, Dani, Rafa, Tammy, Bruno e Luciana Hashiba, vocês são parte importante desta caminhada também.

Por fim, ao meu filho, que mesmo tão pequenininho já chegou transformando tanto minha vida nos últimos meses, o que serviu para causar uma total redefinição de prioridades, de forma tão rápida e intensa - obrigada por existir, este trabalho também é pra você!

*“Your work is going to fill a large part of your life, and the only way to be truly satisfied is to do what you believe is great work. And the only way to do great work is to love what you do. If you haven’t found it yet, keep looking, and don’t settle. As with all matters of the heart, you’ll know when you find it”.*

*Steve Jobs*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**RESUMO**

As indústrias baseadas em recursos naturais, identificadas como atividades de média-baixa e baixa intensidade tecnológica, ocupam uma participação expressiva na estrutura industrial de vários países, principalmente aqueles em desenvolvimento. Essas indústrias poderiam se tornar uma oportunidade para a transformação da estrutura industrial existente a partir de encadeamentos produtivos setoriais e transbordamentos tecnológicos. Isso ocorreria se houvesse um processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais, agentes capazes de promover essa difusão para o restante da indústria. Neste contexto, o objetivo desta tese foi examinar as possibilidades e limitações do desenvolvimento de indústrias baseadas em recursos naturais a partir de um estudo de caso no Brasil – a cadeia sucroalcooleira, diante da sua competitividade e das competências científicas e tecnológicas acumuladas nas últimas décadas. Foram identificados os determinantes de experiências internacionais bem sucedidas, como a indústria de petróleo e gás natural da Noruega, o setor florestal da Finlândia e a indústria de vinhos da Austrália. Pautando-se no referencial teórico Neoschumpeteriano, em conceitos como o Sistema Setorial de Inovação e a interação usuário-produtor, foi realizada uma avaliação das competências tecnológicas dos fornecedores locais de máquinas e equipamentos do setor, com os dados coletados na pesquisa de campo. O diagnóstico apontou que as inovações do setor possuem um escopo reduzido pois se restringem a produtos aprimorados com novidade somente no nível da empresa, dentre outros elementos. Concluiu-se então que o setor sucroalcooleiro não seria capaz de gerar efeitos positivos e transformar a estrutura industrial brasileira, além do fato de que seriam necessárias políticas industriais para sustentar sua competitividade no longo prazo.

***Palavras-chave:*** indústrias baseadas em recursos naturais, indústria sucroalcooleira, capacitação tecnológica.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**ABSTRACT**

Natural resource-based industries, identified as medium-low and low technological intensity activities, are part of a significant share in the industrial structure of some countries, especially the developing ones. These industries could become an opportunity for the industrial structure transformation from the integration of production chains and technological spillovers. This would occur if there was a process of technological capability of local suppliers, agents able to promote this spread to the rest of the industry. In this context, the aim of this thesis was to examine the possibilities and limitations of the development of natural resource-based industries from a case study in Brazil - the sugarcane industry, because of its competitiveness and scientific and technological capabilities accumulated over recent decades. The determinants of successful international experiences have been identified, such as the oil and natural gas from Norway, forest sector in Finland and the Australian wine industry. Based on the Neoschumpeterian approach, in concepts such as the Sectoral Innovation System and user-producer interaction, had been used to examine the technological capabilities of local suppliers of machinery and equipment of the sector, with data collected in field research. The analysis showed that the innovations in the industry have a narrow scope, because are restricted to new products with enhancements only at the company level, among other elements. As a conclusion, we note that the sector would not be able to generate positive effects and transform the Brazilian industry, besides that, would be necessary to develop industrial policies to sustain its competitiveness in the long run.

***Keywords:*** natural resource-based industries, sugarcane industry, technological capabilities.

## Sumário

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introdução.....                                                                                                                           | 1  |
| Capítulo I: Desenvolvimento Industrial de Cadeias Produtivas Integradas a partir de Recursos Naturais .....                               | 11 |
| Introdução.....                                                                                                                           | 11 |
| 1.1. As motivações para se adotar o indicador de intensidade tecnológica .....                                                            | 11 |
| 1.2. A participação das indústrias LMT na indústria e no comércio mundiais .....                                                          | 17 |
| 1.2.1 Padrão Inovativo em Atividades LMT.....                                                                                             | 20 |
| 1.3. Uma Discussão sobre Cadeias Produtivas Integradas Baseadas em Recursos Naturais .....                                                | 24 |
| 1.4. O papel estratégico do setor de bens de capital para integração de cadeias produtivas e desenvolvimento industrial .....             | 32 |
| 1.4.1. A competitividade da indústria brasileira de bens de capital .....                                                                 | 36 |
| 1.5. O papel dos fornecedores no processo de capacitação tecnológica em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais .....            | 38 |
| 1.5.1. Capacitação tecnológica de fornecedores em cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais .....                       | 40 |
| Capítulo II. Cadeias Produtivas Integradas baseadas em recursos naturais: lições a partir de experiências internacionais de sucesso ..... | 49 |
| Introdução.....                                                                                                                           | 49 |
| 2.1. Justificativa de seleção das experiências internacionais .....                                                                       | 49 |
| 2.2. Noruega: a indústria petrolífera.....                                                                                                | 53 |
| 2.2.1. Indústria de petróleo: limitações e potencial .....                                                                                | 53 |
| 2.2.2. Indústria de petróleo na Noruega: breve histórico e competitividade.....                                                           | 54 |
| 2.2.3. A importância do desenvolvimento institucional.....                                                                                | 56 |
| 2.2.4. O sistema setorial de inovação e a base de conhecimento .....                                                                      | 61 |
| 2.2.5. A capacitação tecnológica dos fornecedores e a relação usuário-fornecedor .....                                                    | 68 |
| 2.3. Austrália: a indústria do vinho .....                                                                                                | 69 |
| 2.3.1. A reconfiguração da indústria mundial de vinhos no período recente .....                                                           | 69 |

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.2. As origens da competitividade da indústria Australiana .....                                              | 74  |
| 2.3.3. A importância do desenvolvimento institucional.....                                                       | 78  |
| 2.3.4. O sistema setorial de inovação e a base de conhecimento .....                                             | 79  |
| 2.3.5. A relação usuário fornecedor e o escopo das inovações .....                                               | 82  |
| 2.4. Finlândia: a indústria florestal.....                                                                       | 83  |
| 2.4.1. Histórico e competitividade .....                                                                         | 84  |
| 2.4.2. O sistema setorial de inovação e a base do conhecimento .....                                             | 90  |
| 2.4.3. A relação usuário fornecedor e o escopo das inovações .....                                               | 94  |
| 2.5. Algumas lições a partir das experiências bem sucedidas .....                                                | 95  |
| <br>Capítulo III: A importância da cadeia produtiva sucroalcooleira na estrutura industrial brasileira .....     | 99  |
| Introdução.....                                                                                                  | 99  |
| 3.1. Um panorama sobre a estrutura industrial brasileira.....                                                    | 99  |
| 3.1.1. A importância das indústrias LMT na estrutura industrial brasileira.....                                  | 99  |
| 3.1.2. A contribuição da cadeia produtiva sucroalcooleira .....                                                  | 103 |
| 3.2. Oportunidades emergentes no cenário mundial para a cadeia produtiva sucroalcooleira.....                    | 106 |
| 3.2.1. Condições favoráveis no mercado de <i>commodities</i> .....                                               | 106 |
| 3.2.2. A preocupação mundial com fontes energéticas “limpas” .....                                               | 109 |
| 3.3. Um estudo de caso em atividades LMT: o desenvolvimento industrial da cadeia produtiva sucroalcooleira ..... | 112 |
| 3.3.1. Breve histórico do desenvolvimento da indústria sucroalcooleira no Brasil .....                           | 112 |
| 3.3.2. As vantagens comparativas e a competitividade brasileira .....                                            | 114 |
| 3.4. Trajetória de desenvolvimento industrial.....                                                               | 118 |
| 3.4.1. Dinâmica industrial no período recente .....                                                              | 118 |
| 3.4.2. Caracterização da 1ª. ruptura.....                                                                        | 123 |
| 3.4.3. Índícios da 2ª. ruptura.....                                                                              | 124 |
| 3.5. Uma caracterização das atividades tecnológicas da cadeia sucroalcooleira .....                              | 128 |
| 3.5.1. Indicadores usuais .....                                                                                  | 129 |
| 3.5.2. Indicadores alternativos.....                                                                             | 135 |

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Capítulo IV. Capacitação Tecnológica dos Fornecedores da Cadeia Produtiva Sucroalcooleira: uma análise a partir dos dados da pesquisa de campo.....                                             | 149 |
| Introdução.....                                                                                                                                                                                 | 149 |
| 4.1. A importância dos fornecedores de máquinas e equipamentos na cadeia produtiva sucroalcooleira .....                                                                                        | 151 |
| 4.2. Caracterização da amostra da pesquisa de campo.....                                                                                                                                        | 153 |
| 4.3. Discussão de resultados.....                                                                                                                                                               | 155 |
| 4.3.1. Dinâmica concorrencial.....                                                                                                                                                              | 155 |
| 4.3.2. Atividades produtivas: conteúdo local e comércio exterior .....                                                                                                                          | 159 |
| 4.3.3. Atividades tecnológicas.....                                                                                                                                                             | 162 |
| 4.3.4. Relação usuário-produtor .....                                                                                                                                                           | 173 |
| 4.4. Uma análise das capacidades produtivas e tecnológicas dos fornecedores.....                                                                                                                | 174 |
| <br>Capítulo V: O estágio de desenvolvimento e as perspectivas do Brasil frente aos determinantes da competitividade industrial e tecnológica em indústrias baseadas em recursos naturais ..... | 181 |
| Introdução.....                                                                                                                                                                                 | 181 |
| 5.1. Principais determinantes da capacitação tecnológica em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais .....                                                                              | 181 |
| Determinante 1 - Nível macro: arranjo institucional da cadeia produtiva .....                                                                                                                   | 183 |
| Determinante 2 - Nível macro: encadeamentos setoriais da cadeia com a indústria .....                                                                                                           | 185 |
| Determinante 3 - Nível macro: política industrial.....                                                                                                                                          | 186 |
| Determinante 4 – Nível macro: sistema setorial de inovação .....                                                                                                                                | 187 |
| Determinante 5 - Nível macro: base de conhecimento .....                                                                                                                                        | 187 |
| Determinante 6 - Nível meso: relação usuário-produtor.....                                                                                                                                      | 188 |
| Determinante 7 – Nível meso: geração de conhecimentos informais .....                                                                                                                           | 189 |
| Determinante 8 – Nível meso: grau de difusão e escopo das inovações tecnológicas.....                                                                                                           | 190 |
| 5.2. Uma discussão sobre os estágios de capacitação tecnológica dos fornecedores das diferentes cadeias produtivas baseadas em recursos naturais examinadas .....                               | 191 |
| 5.3. Algumas considerações sobre a capacitação tecnológica dos fornecedores da cadeia produtiva sucroalcooleira .....                                                                           | 194 |
| Conclusão .....                                                                                                                                                                                 | 197 |



|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Referências Bibliográficas ..... | 203 |
| ANEXOS.....                      | 223 |

## Índice de Figuras, Quadros e Tabelas

### Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 1.1. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NO TOTAL DE EMPREGOS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DOS PAÍSES DA OECD, EM %, ENTRE 1980 E 1999 .....            | 18  |
| FIGURA 1. 2. COMPORTAMENTO DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA DURANTE OS CICLOS ECONÔMICOS ENTRE 1988 E 2006 .....                                                          | 19  |
| FIGURA 1. 3. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NOS FLUXOS DE COMÉRCIO INTERNACIONAL, EM %, ENTRE 1997 E 2007 .....                                            | 19  |
| FIGURA 1. 4. CO-EXISTÊNCIA (A) <i>VERSUS</i> CO-EVOLUÇÃO (B) ENTRE RECURSOS NATURAIS E A ECONOMIA DO CONHECIMENTO .....                                                        | 43  |
| FIGURA 2. 1. PADRÃO DE PRODUÇÃO DA NORUEGA SEGUNDO A ESPECIALIZAÇÃO RELATIVA DE ALGUNS SETORES EM 2002 .....                                                                   | 67  |
| FIGURA 2. 2. NÚMERO DE EMPRESAS CRIADAS NA CADEIA PRODUTIVA DE VINHO AUSTRALIANA ENTRE 1860 E 2010 .                                                                           | 75  |
| FIGURA 2. 3. VALOR ADICIONADO E EXPORTAÇÕES DOS PRINCIPAIS VINHOS DA CADEIA AUSTRALIANA .....                                                                                  | 76  |
| FIGURA 2. 4. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE VINHO NO MUNDO ENTRE 1989 E 2006 .....                                                                                                | 80  |
| FIGURA 2. 5. PARTICIPAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL NO PIB DA FINLÂNDIA, EM %, ENTRE 1975 E 2005 ....                                                                      | 86  |
| FIGURA 2. 6. ESTRUTURANTES DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA.....                                                                                                     | 88  |
| FIGURA 2. 7. PARTICIPAÇÃO DOS SEGMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA, EM 2008.....                                                                               | 88  |
| FIGURA 2. 8. DISTRIBUIÇÃO DO VALOR AGREGADO NA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA ENTRE 2000 E 2008.....                                                                  | 89  |
| FIGURA 2. 9. VALOR ADICIONADO NOS SETORES DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DA FINLÂNDIA SEGUNDO A INTENSIDADE TECNOLÓGICA EM 1992, EM % .....                                     | 91  |
| FIGURA 2. 10. PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS EM COOPERAÇÃO PARA P&D, POR CADEIA PRODUTIVA, EM %, EM 1991                                                                            | 92  |
| FIGURA 2. 11. EVOLUÇÃO DOS GASTOS EM P&D DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL, EM MILHÕES DE EUROS, ENTRE 1999 E 2008 .....                                                           | 93  |
| FIGURA 3. 1. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS ENTRE 1996 E 2010 .....                                            | 100 |
| FIGURA 3. 2. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL BRASILEIRA ENTRE 1996 E 2005 .....                                      | 100 |
| FIGURA 3. 3. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL BRASILEIRA, SEGUNDO O VTI, EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1966 E 1995 ..... | 102 |
| FIGURA 3.4. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA, SEGUNDO O VTI, EM %, ENTRE 1996 E 2005.....                                      | 104 |
| FIGURA 3. 5. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA SEGUNDO O PESSOAL OCUPADO, EM %, ENTRE 1996 E 2005 .....                         | 104 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 3. 6. EVOLUÇÃO DO PREÇO DE COMMODITIES SELECIONADAS ENTRE 1940 E 2010.....                                                                      | 107 |
| FIGURA 3. 7. PERSPECTIVA DE INCREMENTO NA DEMANDA PRIMÁRIA DE ENERGIA, POR FONTE, NO CENÁRIO ENTRE 2006 E 2030 .....                                   | 109 |
| FIGURA 3. 8. MATRIZ DE OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL, EM %, POR ORIGEM .....                                                                    | 110 |
| FIGURA 3. 9. EVOLUÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL, POR TIPO DE FONTE ENERGÉTICA, ENTRE 1971 E 2007.....                                                         | 111 |
| FIGURA 3. 10. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CANA E MARCOS DO MERCADO BRASILEIRO ENTRE 1975 E 2005 .....                                                      | 114 |
| FIGURA 3. 11. PRINCIPAIS PRODUTORES MUNDIAIS DE CANA, EM MILHÕES DE TONELADAS, ENRE 1990 E 2007 .....                                                  | 115 |
| FIGURA 3. 12. CUSTO DE PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR FRENTE ÀS OUTRAS FONTES DE MATÉRIA-PRIMA .....                                             | 116 |
| FIGURA 3. 13. EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA, AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAL NO BRASIL ENTRE 1995 E 2005.....                                         | 116 |
| FIGURA 3. 14. EVOLUÇÃO DAS VARIEDADES DE CANA DESENVOLVIDAS NO BRASIL .....                                                                            | 117 |
| FIGURA 3. 15. DESEMBOLSOS DO BNDES CONCEDIDOS À CADEIA SUCROALCOOLEIRA COM VALOR SUPERIOR A R\$ 100 MILHÕES, POR EMPRESA .....                         | 119 |
| FIGURA 3. 16. DESEMBOLSOS TOTAIS DO BNDES CONCEDIDOS PARA A CADEIA SUCROENERGÉTICA ENTRE 2003 E 2010, EM MILHÕES .....                                 | 119 |
| FIGURA 3.17. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS DESEMBOLSOS CONCEDIDOS À CADEIA SUCROALCOOLEIRA, EM %, NO TOTAL DE DESEMBOLSOS DO BNDES, ENTRE 2003 E 2010..... | 120 |
| FIGURA 3. 18. OPERAÇÕES DO BNDES COM A CADEIA SUCROALCOOLEIRA, AGRUPADAS SEGUNDO O TEMA DE PESQUISA, EM %, ENTRE 2007 E 2010.....                      | 120 |
| FIGURA 3.19. NÚMERO DE FUSÕES E AQUISIÇÕES DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA NO BRASIL ENTRE 1996 E 2008.....                                                  | 122 |
| FIGURA 3. 20. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL E AÇÚCAR EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1950 E 2008 .....                                                     | 123 |
| FIGURA 3. 21. CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELAS USINAS PAULISTAS ENTRE 2007 E 2015 NO BRASIL.....                                        | 125 |
| FIGURA 3. 22. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE CANA-DE-AÇÚCAR E HIDRÓLISE NO MUNDO .....                                                                    | 148 |
| FIGURA 4. 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DA PESQUISA DE CAMPO: EMPRESAS ENTREVISTADAS SEGUNDO PORTE E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS.....                        | 154 |
| FIGURA 4. 2. VISÃO GLOBAL DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS.....                                                               | 167 |
| FIGURA 4. 3. FLUXO DOING – USING - INTERACTING ENTRE FORNECEDORES E USUÁRIOS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....                                           | 169 |
| FIGURA 4. 4. PRINCIPAIS INVESTIMENTOS REALIZADOS EM ATIVIDADES TECNOLÓGICAS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS, EM %.....                                           | 172 |
| FIGURA 4. 5. PRINCIPAIS OBJETIVOS DAS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS, EM %, SEGUNDO O NÚMERO DE EMPRESAS.....                                                 | 175 |
| FIGURA 4. 6. GRAU DE DIFUSÃO E ESCOPO DAS INOVAÇÕES DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA.....                                                                     | 176 |
| FIGURA 4. 7. TIPOLOGIA DOS FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS SEGUNDO DADOS DE EMPREGO.....                                                                  | 180 |

|                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FIGURA 4. 8. DISTRIBUIÇÃO, EM %, DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA SEGUNDO AS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS.....                                                                    | 182 |
| FIGURA 4. 9. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TIPOLOGIA DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA.....                                                                              | 184 |
| FIGURA 5. 1. DETERMINANTES DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FORNECEDORES EM CADEIAS PRODUTIVAS INTEGRADAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS.....                                                                       | 187 |
| FIGURA 5.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E O BRASIL SEGUNDO O ESTÁGIO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FORNECEDORES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS EM INDÚSTRIAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS..... | 197 |

## Índice de Quadros

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| QUADRO 1.1. FASES DA TRANSFORMAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA EM UMA CADEIA PRODUTIVA INTEGRADA .....                                                                         | 32  |
| QUADRO 1. 2. DETERMINANTES DO DESENVOLVIMENTO DOS FORNECEDORES INTENSIVOS EM TECNOLOGIA EM CADEIAS<br>BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS .....                           | 41  |
| QUADRO 1. 3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E PADRÃO INOVATIVO EM CADEIAS PRODUTIVAS<br>BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS SEGUNDO DIFERENTES ABORDAGENS ..... | 45  |
| QUADRO 2. 1. PRINCIPAIS ATIVIDADES, BASE DE CONHECIMENTO E INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS NA CADEIA DE PGN DA<br>NORUEGA .....                                             | 65  |
| QUADRO 2.2. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS<br>MUNDIAL.....                                                                         | 74  |
| QUADRO 2.3. PRINCIPAIS ASSOCIAÇÕES DA CADEIA DE VINHOS NA AUSTRÁLIA.....                                                                                            | 81  |
| QUADRO 2.4. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS NA<br>AUSTRÁLIA.....                                                                    | 83  |
| QUADRO 4. 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA: EMPRESAS ENTREVISTADAS SEGUNDO SEGMENTO DE ATUAÇÃO NA<br>CADEIA PRODUTIVA.....                                              | 155 |
| QUADRO 4. 2. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS EMPRESAS SEGUNDO AS MODALIDADES DOS FORNECEDORES DA CADEIA<br>SUCROALCOOLEIRA .....                                         | 177 |
| QUADRO 4.3. CARACTERÍSTICAS DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA SEGUNDO<br>SUAS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS.....                             | 179 |

## Índice de Tabelas

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TABELA 2. 1. EVOLUÇÃO DE INDICADORES SELECIONADOS NOS PAÍSES DA AMOSTRA: POPULAÇÃO, PIB E CRESCIMENTO ECONÔMICO ENTRE 1950 E 2007 .....                           | 52  |
| TABELA 2. 2. VALOR ADICIONADO NOS SETORES DOS PAÍSES DA AMOSTRA, EM ANOS SELECIONADOS, SEGUNDO O CRESCIMENTO ANUAL, EM % .....                                    | 52  |
| TABELA 2. 3. EFEITO DE UM AUMENTO NOS INVESTIMENTOS EM PETRÓLEO EQUIVALENTE A 1% DO PIB NÃO-PETRÓLEO .....                                                        | 55  |
| TABELA 2. 4. CONCENTRAÇÃO DA INDÚSTRIA MUNDIAL DE VINHOS EM PAÍSES SELECIONADOS EM 2000 .....                                                                     | 71  |
| TABELA 2. 5. CRESCIMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS NA AUSTRÁLIA SEGUNDO INDICADORES SELECIONADOS ENTRE 1988 E 2005 .....                                      | 75  |
| TABELA 2. 6. CRESCIMENTO DO VALOR DAS EXPORTAÇÕES DE VINHO EM PAÍSES SELECIONADOS NA DÉCADA DE 1990 .....                                                         | 76  |
| TABELA 2. 7. EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO RELATIVA DA CADEIA FLORESTAL NA FINLÂNDIA, SEGUNDO INDICADORES SELECIONADOS, ENTRE 1980 E 2008.....                         | 86  |
| TABELA 2. 8. INTENSIDADE TECNOLÓGICA DOS SEGMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL SEGUNDO A DEMANDA FINAL EM 1989 .....                                            | 93  |
| TABELA 3. 1. EVOLUÇÃO DO VTI DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS ENTRE 1996 E 2006.....                                                                            | 105 |
| TABELA 3. 2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1950 E 2008 COM A TAXA DE CRESCIMENTO NO PERÍODO .....                            | 124 |
| TABELA 3. 3. INDICADORES DO ESFORÇO DE INOVAÇÃO REALIZADO PELAS EMPRESAS DA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA, EM 2000, 2003 E 2005.....                           | 130 |
| TABELA 3.4. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS SEGUNDO O NÚMERO DE EMPRESAS NA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA, EM 2000, 2003 E 2005.....                         | 133 |
| TABELA 3.5. ORIGEM DAS ATIVIDADES INOVATIVAS DAS EMPRESAS INOVADORAS, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA RELATIVO, EM 2000, 2003 E 2005.....                     | 134 |
| TABELA 3.6. PRINCIPAIS FONTES DE INFORMAÇÃO UTILIZADAS PELAS EMPRESAS INOVADORAS EM 2000, 2003 E 2005.....                                                        | 135 |
| TABELA 3.7. COOPERAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS INOVADORAS E OUTROS AGENTES DA CADEIA PRODUTIVA, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA RELATIVO, EM 2000, 2003 E 2005..... | 135 |
| TABELA 3.8. IMPACTO CAUSADO PELAS INOVAÇÕES, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA, EM 2000, 2003 E 2005.....                                                       | 136 |
| TABELA 3.9. MÉTODOS DE PROTEÇÃO UTILIZADOS PELAS EMPRESAS INOVADORAS EM 2000, 2003 E 2005.....                                                                    | 136 |
| TABELA 4. 1. PRINCIPAIS ATRIBUTOS COMPETITIVOS DOS FORNECEDORES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA .....                                        | 156 |
| TABELA 4. 2. PRINCIPAIS INOVAÇÕES ADOTADAS PELOS FORNECEDORES NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS .....                                                                         | 161 |
| TABELA 4.3. PRINCIPAIS AGENTES ENVOLVIDOS NA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS .....                                                         | 166 |



## Lista de Abreviaturas e Siglas

|         |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| ABDI    | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial                          |
| ADP     | Atividades Diretamente Produtivas                                         |
| ANP     | Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis               |
| APEX    | Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos             |
| AWBC    | <i>Australian Wine and Brandy Corporation</i>                             |
| BIOEN   | Programa de Pesquisa em Bioenergia da FAPESP                              |
| BNDES   | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social                      |
| Capes   | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior               |
| CEISE   | Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis |
| Cenpes  | Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello    |
| CEPAL   | Comissão Econômica para América Latina e Caribe                           |
| CGEE    | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos                                   |
| CIDE    | Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico                          |
| CIS     | <i>Community Innovation Survey</i>                                        |
| CNEE    | Companhia Nacional de Energia Elétrica                                    |
| CSIRO   | <i>Commonwealth Scientific and Industrial Organization</i>                |
| CTBE    | Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol                 |
| CTC     | Centro de Tecnologia Canavieira                                           |
| Embrapa | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                               |
| EPA     | Agência de Proteção Ambiental dos EUA                                     |
| FAPESP  | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo                      |
| FINEP   | Financiadora de Estudos e Projetos                                        |
| FIPE    | Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas                                |
| FTP     | Fator de Produtividade Total                                              |
| GPT     | <i>General Purpose Technologies</i>                                       |
| IAC     | Instituto Agrônomo de Campinas                                            |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                           |
| ICTs    | Instituições de Ciência e Tecnologia                                      |
| IEA     | <i>International Energy Agency</i>                                        |



|           |                                                                                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| IEDI      | Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial                           |
| INPI      | Instituto Nacional de Propriedade Industrial                                     |
| IPEA      | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                                         |
| IPI       | Imposto sobre Produtos Industrializados                                          |
| IPT       | Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo                       |
| ISIC      | <i>International Standard Industrial Classification</i>                          |
| LMT       | <i>Low and Medium Technologies</i>                                               |
| MAPA      | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento                              |
| MCT       | Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação                                     |
| MDIC      | Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior                     |
| MPE       | Ministério de Petróleo e Energia                                                 |
| NEIT      | Núcleo de Economia Industrial e Tecnologia                                       |
| NFP       | <i>National Forest Programme</i>                                                 |
| OECD      | Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico                          |
| OMC       | Organização Mundial do Comércio                                                  |
| OPEP      | Organização dos Países Exportadores de Petróleo                                  |
| P&D       | Pesquisa e Desenvolvimento                                                       |
| PAISS     | Plano BNDES-FINEP de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico |
| PASS      | Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro                                       |
| PGN       | Petróleo e Gás Natural                                                           |
| PIB       | Produto Interno Bruto                                                            |
| PILOT     | <i>Policy and Innovation in Low-Tech</i>                                         |
| PINTEC    | Pesquisa de Inovação Tecnológica                                                 |
| PIPE      | Programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas da FAPESP                       |
| PITE      | Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica               |
| PMEs      | Pequenas e Médias Empresas                                                       |
| Proalcool | Programa Nacional do Alcool                                                      |
| Procana   | Programa Cana-de-Açúcar                                                          |
| Proinfra  | Programa de Infraestrutura                                                       |
| RAIS      | Relação Anual de Informações Sociais                                             |

|         |                                                                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|
| RIDESA  | Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do setor Sucroenergético |
| SDFI    | <i>State Direct Financial Interest</i>                                  |
| SECEX   | Secretaria de Comércio Exterior                                         |
| SITC    | <i>Standard International Trade Classification</i>                      |
| SND     | <i>Norwegian Industrial and Regional Development Fund</i>               |
| SNI     | Sistema Nacional de Inovação                                            |
| SSI     | Sistema Setorial de Inovação                                            |
| SVO     | <i>Government Consultative Office for Inventors</i>                     |
| TIB     | Tecnologia Industrial Básica                                            |
| TICs    | Tecnologias de Informação e Comunicação                                 |
| TPP     | Inovação Tecnológica em Produtos ou Processos                           |
| UFAL    | Universidade Federal de Alagoas                                         |
| UFMT    | Universidade Federal do Mato Grosso                                     |
| UFPR    | Universidade Federal do Paraná                                          |
| UFRJ    | Universidade Federal do Rio de Janeiro                                  |
| UFRPE   | Universidade Federal Rural de Pernambuco                                |
| UFRRJ   | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro                            |
| UFSCAR  | Universidade Federal de São Carlos                                      |
| UFSE    | Universidade Federal do Sergipe                                         |
| UFV     | Universidade Federal de Viçosa                                          |
| UNCTAD  | <i>United Nations Conference on Trade and Development</i>               |
| UNICA   | União da Indústria de Cana-de-Açúcar                                    |
| Unicamp | Universidade Estadual de Campinas                                       |
| USP     | Universidade de São Paulo                                               |
| USPTO   | <i>United States Patent and Trademark Office</i>                        |
| VTI     | Valor de Transformação Industrial                                       |



## **Introdução**

Em trabalho anterior (Carvalho, 2006) a autora examinou as possibilidades de desenvolvimento industrial de um setor de alta tecnologia, especificamente o segmento de semicondutores, em um país sem competências tecnológicas acumuladas, como o Brasil. O objetivo da dissertação foi examinar as perspectivas, com suas possibilidades e limitações, do desenvolvimento da indústria brasileira de semicondutores por meio de um segmento específico - as companhias de projeto dos circuitos, chamadas de *design houses*. A análise da experiência internacional de sucesso (o caso de Taiwan), juntamente com os obstáculos identificados na indústria nacional, mostrou que o desenvolvimento somente do segmento de *design* é uma trajetória limitada, uma vez que são necessários outros elementos, como uma empresa de manufatura, para que exista um “círculo virtuoso”, capaz de sustentar o desenvolvimento da indústria de semicondutores no longo prazo.

Ao considerarmos as limitações e as dificuldades identificadas para o desenvolvimento de um setor de alta tecnologia no Brasil, iniciou-se uma reflexão importante sobre a estrutura industrial brasileira e as oportunidades existentes em indústrias baseadas em recursos naturais, especialmente aquelas com competitividade internacional reconhecida e competências científicas e tecnológicas acumuladas.

Neste contexto, considera-se que a política industrial brasileira deve tanto buscar desenvolver setores de alta tecnologia, sem capacidades acumuladas e com *déficits* estruturais crescentes, buscando uma maior diversificação da estrutura produtiva, como também esforçar-se para aumentar o conteúdo tecnológico de indústrias existentes, particularmente nas indústrias baseadas em recursos naturais, em que há vantagens comparativas e competências acumuladas, a fim de buscar uma maior inserção na indústria global por meio de um processo de capacitação tecnológica dos agentes locais e da integração de cadeias produtivas.

O trabalho reconhece que as indústrias baseadas em recursos naturais possuem características estruturais que se tornam limitações para sua trajetória de desenvolvimento no longo prazo, como a permanente oscilação dos preços das commodities nos mercados internacionais e a baixa elasticidade-renda dos produtos primários, além dos efeitos negativos de fenômenos como doença holandesa e a maldição dos recursos naturais. Tais elementos justificariam uma associação entre o fraco desempenho econômico de países e o seu desenvolvimento a partir de indústrias baseadas em recursos naturais (Sachs e Warner, 1995, 2001; Gylfason, 2001).

Por outro lado, existem diversas experiências internacionais bem sucedidas, de países como Noruega, Canadá, Finlândia e Austrália, dentro outros que apontam que seria possível superar essas limitações intrínsecas das indústrias baseadas em recursos naturais por meio da construção de trajetórias específicas de desenvolvimento industrial.

Essas indústrias seriam uma oportunidade interessante, principalmente para os países em desenvolvimento, que poderiam se tornar provedores mundiais de insumos materiais, alimentos e outros bens agrícolas mais sofisticados, desde que houvesse um incremento do conteúdo tecnológico das exportações e das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais. Isto seria alcançado por meio de inovações tecnológicas em produtos, processos e atividades correlacionadas na cadeia produtiva, o que resultaria em produtos de alto valor agregado. Além disso, haveria a necessidade de um processo de “transformação gradual” em toda a economia, com esforços de capacitação tecnológica segundo a dotação específica de recursos naturais de cada país e de suas indústrias processadoras (como a metalurgia, a química e a de processamento de alimentos) para migrar para produtos de maior valor agregado e especializados/adaptados de acordo com as demandas dos clientes, juntamente com o desenvolvimento de redes de inovação entre os agentes (Perez, 2010).

Por isso, a fim de complementar essa análise abrangente sobre as possibilidades de desenvolvimento industrial em diferentes atividades econômicas, com distintas intensidades tecnológicas e, por consequência, trajetórias de desenvolvimento, surgiu a necessidade de focar este estudo em uma perspectiva exatamente oposta: entender as oportunidades e os condicionantes do desenvolvimento industrial em atividades de baixa intensidade tecnológica, especificamente a partir de indústrias baseadas em recursos naturais.

Para contribuir nessa discussão, esta tese teve como objetivo mostrar as possibilidades e limitações do desenvolvimento econômico a partir de indústrias baseadas em recursos naturais e seus efeitos na estrutura industrial do país, a partir de um estudo de caso no Brasil - a cadeia produtiva sucroalcooleira. Esta cadeia produtiva foi selecionada com base em alguns elementos. Primeiro, porque o país tem vantagens e competitividade reconhecida neste setor. Segundo, porque há indícios de um acúmulo de competências científicas e tecnológicas nos agentes da cadeia nas últimas décadas. Terceiro porque surgem oportunidades emergentes nos mercados globais para a cadeia a partir da elevação dos preços das *commodities* e do interesse crescente por combustíveis sustentáveis no mundo.

As questões norteadoras da pesquisa foram: a competitividade reconhecida da indústria sucroalcooleira é fundamentada em um processo de capacitação tecnológica dos seus agentes? Esse processo seria capaz de impulsionar um movimento de transformação da estrutura industrial brasileira diante dos efeitos de seus encadeamentos produtivos e tecnológicos? Quais os segmentos críticos para desencadear este processo? Quais são as perspectivas para o setor sucroalcooleiro e o reflexo disso na estrutura industrial brasileira?

A partir dessas questões de pesquisa foram construídas 2 hipóteses, sendo a primeira de caráter mais geral e a segunda aplicada ao estudo de caso. A hipótese geral considera que é possível o desenvolvimento econômico a partir de indústrias baseadas em recursos naturais, com trajetória evolutiva capaz de gerar efeitos positivos na transformação da estrutura industrial do país. Já a segunda hipótese diz respeito ao estudo de caso do Brasil: a competitividade reconhecida e a capacitação científica e tecnológica acumulada na cadeia produtiva sucroalcooleira seriam elementos capazes de impulsionar um processo de transformação da estrutura industrial brasileira.

Para examinar essas hipóteses, foi realizado um estudo, de caráter exploratório, fundamentado no referencial teórico Neoschumpeteriano, no qual foram adotados os conceitos de Sistema Setorial de Inovação e da interação usuário-produtor no processo de capacitação tecnológica dos agentes. O trabalho foi estruturado no exame da capacitação tecnológica dos agentes de indústrias baseadas em recursos naturais, com foco nos fornecedores de máquinas e equipamentos, já que este segmento, por suas características estruturais e relação com a totalidade da indústria, seria capaz de gerar de *spillovers* tecnológicos e outros transbordamentos para as demais atividades econômicas. É importante ressaltar as motivações para o recorte analítico desta tese, ao concentrar o exame na capacitação tecnológica do setor de bens de capital (especificamente no segmento de fornecedores de máquinas e equipamentos) das indústrias baseadas em recursos naturais. Primeiramente, porque o setor de bens de capital possui um caráter estratégico, tanto na economia como também nas atividades industriais. Por um lado, o setor de bens de capital, e particularmente os fornecedores de máquinas e equipamentos, pode ser considerado como um indicador do desempenho das atividades econômicas, uma vez que representam os novos investimentos que tem sido realizados, refletindo também as expectativas de longo prazo dos agentes. Por outro lado, o setor de bens de capital possui um efeito de difusão tecnológica para as demais atividades produtivas, já que possui diversos encadeamentos e interações com outras

indústrias. O setor de bens de capital é visto também como um importante difusor da mudança técnica, catalisador de inovações e propulsor de incrementos na produtividade industrial porque participa intensamente dos fluxos inter setoriais de tecnologia (Erber, 2000; Araujo, 2009).

Além disso, a indústria de bens de capital é tida como propulsora do desenvolvimento econômico pelo seu caráter sistêmico, tanto como um setor criador de capacidades produtivas como também indutor do progresso tecnológico, por ser a principal dimensão do investimento produtivo, representando as expectativas empresariais e carregando conhecimentos (Nassif, 2007; Vermun, 2003).

A questão é, já que as indústrias baseadas em recursos naturais são geralmente maduras tecnologicamente e possuem baixa capilaridade frente às demais atividades produtivas, o segmento de fornecedores de máquinas e equipamentos seria o elo com maior possibilidade de desenvolvimento de capacidades produtivas e tecnológicas capaz de atingir a totalidade da indústria de qualquer país. Desta forma, buscou-se avaliar as capacidades produtivas e tecnológicas destes fornecedores em diferentes indústrias de vários países, sendo que, para o Brasil, tal análise concentrou-se nos fornecedores de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro, estudo de caso da tese. Com este enfoque, ressalta-se o caráter inédito do trabalho, reforçado pela realização de comparações internacionais sobre o estágio de desenvolvimento deste segmento em várias cadeias produtivas baseadas em recursos naturais.

Além disso, vale destacar a importância dos processos de aprendizado e de capacitação tecnológica. A importância do processo de aprendizado tecnológico na mudança técnica tem sido amplamente discutido pela literatura desde os anos 1980 diante de seu papel determinante para explicar as diferentes trajetórias de crescimento industrial e de comércio internacional entre os países e, principalmente, as disparidades entre desenvolvidos e em desenvolvimento. Nesta perspectiva argumentava-se que os países em desenvolvimento poderiam se beneficiar da difusão tecnológica do setor industrial originária dos países desenvolvidos (Bell e Pavitt, 1993). Entretanto, para que houvesse esses benefícios positivos e o aprendizado gradual dos países em desenvolvimento seria necessário criar competências tecnológicas locais, as quais seria capazes de converter um conjunto de conhecimentos por meio de esforços locais em capacidades específicas e dinâmicas para fortalecer a sua competitividade, por determinadas empresas e instituições, de forma sistêmica e articulada. O esforço tecnológico deve ser entendido como o uso do conhecimento existente em combinação com outros recursos para assimilar e transformar

as tecnologias existentes e transformá-las em novas tecnologias (Dahlman e Westphal, 1982). Isso significa que diferentes níveis de complexidade tecnológica irão acarretar diferentes trajetórias de desenvolvimento econômico no curto e no longo prazo. Por isso seria positivo aumentar a complexidade dessas capacidades tecnológicas para que impactos positivos relevantes possam ser alcançados (Christensen, 1994; Lall, 2005).

Isso reforça a importância dos mecanismos de aprendizado na Economia do Conhecimento e da articulação entre os agentes na perspectiva do Sistema Nacional de Inovação, nos quais o ativo crítico é a capacidade constante de aprender e converter o estoque de conhecimento existente em novas capacidades tecnológicas (Lundvall, 1992; Nelson, 1993). O processo de transferência tecnológica também não pode ser subestimado e visto de forma simplista, já que não basta apenas transferir máquinas e equipamentos do setor de bens de capital, por exemplo, já que de forma isolada não constituem uma tecnologia, apenas representam uma parte do conteúdo tecnológico existente. É necessário deter habilidades e competências locais, as quais só podem ser adquiridas por meio de esforço tecnológico endógeno, para desenvolver o restante dos elementos necessários. Neste contexto, indústrias isoladas gerariam reducidos encadeamentos produtivos e setoriais, por isso seria importante analisar as atividades econômicas com a perspectiva de cadeias produtivas integradas. Essas cadeias produtivas são entendidas aqui como uma sequência de atividades correlacionadas e dependentes entre si, capazes de gerar sinergias e encadeamentos produtivos e tecnológicos entre si, principalmente em cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais (Perez, 2010; Marian, 2006; Ramos, 1998).

O trabalho parte da perspectiva da integração de cadeias produtivas para demonstrar que as capacidades tecnológicas acumuladas nos fornecedores de máquinas e equipamentos do setor de bens capital podem se tornar um meio de difusão para o restante da indústria, sendo que existem diversos, complexos e interdependentes mecanismos de aprendizado tecnológico nas relações entre os agentes no Sistema Setorial de Inovação (Malerba, 2002, 2005), dentre os quais merece destaque a interação usuário-produtor (Lundvall 1985, 2004, 2009). Nesta interação surge um fluxo intenso de conhecimento e mecanismos de *learning-by-doing* e *learning-by-using* entre usuários e produtores, o que requer elementos de confiança e um código de comunicação específico, os quais serão capazes de codificar e transformar conhecimentos tácitos acumulados nas atividades rotineiras do processo.



A metodologia do trabalho consistiu em análise qualitativa da literatura existente no tema com dados secundários e na coleta e exame de dados primários para o caso brasileiro. Diante do enfoque na cadeia produtiva sucroalcooleira, foi realizada uma análise da bibliografia disponível no tema das “cadeias produtivas integradas”, com destaque para as atividades das indústrias baseadas em recursos naturais (parte daquelas de *Low and Medium Technology* - LMT) e para o papel dos fornecedores de bens de capital, particularmente os fabricantes de máquinas e equipamentos, no processo de capacitação tecnológica e no padrão inovativo desses setores.

Em seguida, a fim de buscar referências e lições para o estudo de caso da indústria sucroalcooleira brasileira, foram identificadas experiências internacionais bem sucedidas na integração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: a indústria de petróleo e gás natural da Noruega; a indústria florestal na Finlândia e a indústria dos vinhos na Austrália. Diante da forte heterogeneidade da amostra dessas experiências internacionais, buscou-se analisar componentes transversais que pudessem ser replicados e avaliados em outras indústrias baseadas em recursos naturais, tais como: competitividade internacional, a importância do desenvolvimento institucional, o sistema setorial de inovação e a base de conhecimento existente em Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), e, por último, a relação usuário produtor e o escopo das inovações (grau de novidade e mercado) alcançado no processo de capacitação tecnológica da cadeia.

Em seguida, para justificar as motivações da seleção do setor sucroalcooleiro como estudo de caso, foram identificadas as oportunidades emergentes na indústria mundial para o setor – condições favoráveis no mercado mundial de *commodities* e a preocupação com fontes energéticas limpas) – e demonstrada a importância relativa do setor na estrutura industrial brasileira por meio de indicadores como o Valor de Transformação Industrial (VTI) e o Pessoal Ocupado (PO). O VTI foi selecionado porque é considerado uma medida apurada do produto industrial, já que é calculado pela diferença entre o Valor Bruto da Produção (VBP) – a soma da receita líquida das empresas industriais e variação dos estoques de produtos acabados e em elaboração - e o Custo das Operações Industriais (COI) que se refere ao consumo de matéria-prima, materiais e componentes, combustíveis, energia elétrica e serviços industriais. Já o Pessoal Ocupado (PO) foi apresentado para descrever o número de empregos gerados pela cadeia produtiva com relação à estrutura industrial brasileira e outros setores econômicos. Com essa

descrição do desenvolvimento do setor, o foco tornou-se a caracterização de suas atividades tecnológicas, o que foi realizado por meio de indicadores usuais, como aqueles apresentados na PINTEC (Pesquisa de Inovação Tecnológica, edições de 2000, 2003 e 2005) do IBGE e também de indicadores alternativos, como a abordagem do Sistema Setorial de Inovação.

Em seguida, são discutidos os resultados da pesquisa de campo deste trabalho, realizada com os fornecedores de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro, a partir da aplicação de um questionário semiestruturado em entrevistas presenciais. Com as evidências coletadas foi feito um exame das capacidades produtivas e tecnológicas dos fornecedores de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro no Brasil. Mesmo considerando o enfoque adotado no trabalho das “cadeias produtivas”, a fim de garantir uma maior profundidade na análise dos dados coletados e explorar adequadamente a contribuição dos fabricantes de máquinas nas atividades inovativas do setor, foram privilegiados determinados elos da cadeia produtiva sucroalcooleira na construção deste diagnóstico setorial, com maior relevância do elo industrial e articulação dos agentes nestas atividades tecnológicas.

Com tais aspectos, são analisados comparativamente os determinantes da capacitação tecnológica em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, classificados em nível macro e meso como uma simplificação, ao combinar aqueles elementos transversais discutidos tanto nas experiências internacionais bem sucedidas como também os elementos críticos observados no estudo de caso da indústria brasileira. Por fim, discutem-se os estágios de capacitação tecnológica dos fornecedores das diferentes cadeias produtivas examinadas, para fundamentar lições de política industrial que poderiam ser recomendadas para o estudo de caso do setor sucroalcooleiro no Brasil.

Partindo desta metodologia e para analisar as hipóteses propostas, este trabalho está estruturado em 5 capítulos, além desta introdução e da sua conclusão. No primeiro capítulo são discutidos os conceitos fundamentais que serão abordados ao longo da tese. A transformação de uma indústria em cadeia produtiva integrada mostra-se como um processo complexo que requer vários esforços locais, principalmente em atividades *Low and Medium Technologies* (LMT) diante de suas características estruturais. Entretanto, o padrão inovativo de atividades LMT, por apresentar diversos outros mecanismos de aprendizado tecnológico além dos investimentos em P&D, como incorporação de atributos de *design*, a geração de conhecimentos informais e a importância da interação usuário-produtor, mostra-se como uma oportunidade para os países em

desenvolvimento com vantagens acumuladas em atividades LMT, especialmente aquelas baseadas em recursos naturais. Neste contexto, os fornecedores locais de máquinas e equipamentos, integrantes do setor de bens de capital, assumem importância estratégica, diante do seu poder de difusão de tecnologias, tanto para os demais elos da cadeia produtiva, como também para outros setores da estrutura industrial do país. Portanto, entender os determinantes da capacitação tecnológica dos fornecedores locais de cadeias produtivas integradas torna-se uma questão crítica.

No segundo capítulo são apresentadas algumas experiências internacionais bem sucedidas na integração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais e capacitação tecnológica dos fornecedores locais, condições que proporcionaram uma inserção internacional competitiva destes países nos mercados globais. São examinados alguns elementos do desenvolvimento da cadeia produtiva de petróleo e gás natural (PGN) da Noruega, da cadeia florestal da Finlândia e da cadeia de vinhos na Austrália. Dentre os elementos de destaque para o desempenho destas cadeias podemos destacar o arranjo institucional, o Sistema Setorial de Inovação, a base de conhecimento e a interação usuário-fornecedor na criação de competências tecnológicas locais. Vale mencionar que cada um desses países construiu uma trajetória de desenvolvimento distinta: na Noruega observa-se uma forte integração da cadeia, na Finlândia houve uma diversificação da cadeia que refletiu na estrutura industrial do país e na Austrália evidencia-se uma migração para os elos que permitem uma maior agregação de valor ao produto tradicional.

Em seguida, o foco dirige-se para o estudo de caso da tese, a cadeia produtiva sucroalcooleira no Brasil, para verificar as oportunidades e limitações do seu desenvolvimento no longo prazo. No terceiro capítulo é examinada a contribuição das atividades LMT na totalidade da indústria brasileira, assim como o peso relativo da cadeia sucroalcooleira em comparação a outras indústrias como a automotiva, a petroquímica, a farmacêutica e a aeronáutica por meio de alguns indicadores. São identificadas também algumas oportunidades no cenário mundial para esta cadeia como o aumento do preço das *commodities* nos mercados globais e o reconhecimento e aumento do interesse dos países na adoção de tecnologias e combustíveis sustentáveis, como o etanol de cana-de-açúcar brasileiro. Em seguida, o exame aprofunda-se na cadeia produtiva sucroalcooleira, com o histórico e as condições de seu desenvolvimento nas últimas décadas, com as vantagens comparativas a competitividade reconhecida do etanol de cana-de-açúcar frente a outras matérias-primas. A dinâmica industrial do período recente também revela aspectos

interessantes como o crescimento do setor com os automóveis *flex-fuels* a partir de 2003 e a internacionalização das empresas recentemente. Além disso, são discutidas as atividades tecnológicas da cadeia, tanto na fase agrícola quanto na industrial, por meio de indicadores usuais, como a PINTEC (2000, 2003 e 2005) e alternativos, como o Sistema Setorial de Inovação, a geração de conhecimento nas atividades de pesquisa e o financiamento público à inovação. Por meio dessa análise é possível perceber que o elo agrícola possui um padrão inovativo diferente do elo industrial, por isso tal exame precisa ser mais aprofundado para avaliar exatamente as competências acumuladas.

Reconhecendo o caráter estratégico deste segmento da cadeia e seu potencial de difusão de tecnologias para o restante dos elos da cadeia e para a totalidade da indústria, o quarto capítulo teve como objetivo examinar as capacidades tecnológicas acumuladas pelos fornecedores locais para verificar se estes encontram-se em condições de aproveitar as oportunidades emergentes nos mercados globais identificadas. Esse capítulo concentra os resultados da pesquisa de campo deste trabalho ao discutir as características e o padrão inovativo das atividades realizadas pelos fornecedores de máquinas e equipamentos da cadeia produtiva sucroalcooleira. A pesquisa de campo foi realizada com dez empresas de diferentes portes e segmentos de produtos, realizada nas principais regiões produtoras de máquinas e equipamentos de São Paulo, nos municípios de Sertãozinho e Piracicaba, sendo que foi aplicado um questionário semiestruturado diante do caráter de estudo exploratório deste trabalho. Com tais dados foi possível realizar um diagnóstico aprofundado das atividades produtivas e tecnológicas do setor, além de identificar oportunidades e ameaças em sua trajetória de desenvolvimento de longo prazo.

No quinto capítulo as competências tecnológicas dos fornecedores locais da cadeia sucroalcooleira são analisadas comparativamente às experiências internacionais bem sucedidas, examinadas no segundo capítulo. Diante dessa comparação são identificados alguns determinantes, os quais são analisados a fim de consolidar o estágio de desenvolvimento da cadeia sucroalcooleira frente às demais, para possibilitar a elaboração de algumas recomendações de política pública alinhadas ao contexto e às peculiaridades da indústria brasileira diante das condições existentes no período atual.



## **Capítulo I: Desenvolvimento Industrial de Cadeias Produtivas Integradas a partir de Recursos Naturais**

### **Introdução**

O objetivo deste capítulo é apresentar a discussão existente na literatura sobre o desenvolvimento industrial a partir da integração de cadeias produtivas, particularmente aquelas baseadas em recursos naturais, com destaque para o papel do setor de bens de capital neste processo.

Primeiramente foi necessário contextualizar as cadeias produtivas baseadas em recursos naturais como parte integrante das atividades de Média-Baixa e Tecnologia e entender as motivações para se adotar o indicador de intensidade tecnológica para este enfoque. Diante deste cenário, a segunda seção questiona o viés das políticas industriais que priorizam a promoção exclusivamente do setores de alta tecnologia e mostra que existe grande participação e potencial de exploração nas atividades LMT, com destaque para aquelas baseadas em recursos naturais, principalmente nos países em desenvolvimento, considerando as peculiaridades do seu padrão inovativo. A terceira seção aponta as possibilidades de integração das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, desde que sejam explorados os mecanismos adequados para promover a capacitação tecnológica dos seus agentes. Diante disso, o setor de bens de capital assume relevância neste trabalho por ser um elemento capaz de difundir tecnologias e gerar encadeamentos produtivos setoriais a partir desta cadeia baseada em recursos naturais para o restante da estrutura industrial e se torna o foco da quarta seção. Tal fato também está associado a um processo de capacitação tecnológica dos fornecedores, para que exista um processo dinâmico e interativo de aprendizado e acumulação de competências, como será discutido na quinta e última seção deste capítulo.

### **1.1. As motivações para se adotar o indicador de intensidade tecnológica**

Existem diversas classificações de atividades econômicas para se analisar os padrões de desenvolvimento industrial e tecnológico dos países, nas quais podemos destacar as propostas de da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2002), da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2002) e também a abordagem de Cimolli *et al* (2005). O esforço para a elaboração de classificações de intensidade

tecnológica para os setores industriais não é recente, já que os indicadores em ciência, tecnologia e inovação são uma importante fonte de informação sobre o modo de funcionamento do sistema capitalista e da relação entre tecnologia e crescimento econômico (Freeman e Soete, 2009).

Vale ressaltar que a discussão sobre as atividades de diferentes intensidades tecnológicas (alta tecnologia *versus* média-baixa e baixa tecnologia) é apresentada neste trabalho apenas como um pano de fundo para situar e contextualizar as indústrias baseadas em recursos naturais e seu potencial de desenvolvimento na integração de cadeias produtivas.

A classificação de intensidade tecnológica mais amplamente utilizada é a proposta pela OECD no final dos anos 80, que baseia-se na intensidade das atividades de P&D para classificar os setores industriais, segundo os conceitos do Manual de Oslo e do Manual de Frascati, dentre outros. Este indicador é elaborado a partir de uma proporção entre o dispêndio/gastos em atividades de P&D com relação ao valor adicionado ou à produção do setor. A partir deste indicador de intensidade de P&D (gasto em P&D/valor adicionado ou gasto em P&D/produção), a OECD classifica os setores econômicos da indústria de transformação em quatro grupos principais, segundo as definições da *International Standard Industrial Classification* (ISIC) (até o nível dos 3 dígitos):

1. Alta intensidade tecnológica (5% e mais): aeroespacial; farmacêutico; informática; eletrônica e telecomunicações; instrumentos;
2. Média-alta intensidade tecnológica (3 a menos de 5%): material e máquinas elétricas; veículos automotores; química, excluído o setor farmacêutico; ferroviário e de equipamentos de transporte; máquinas e equipamentos;
3. Média-baixa intensidade tecnológica (1 a menos de 3%): construção naval; borracha e produtos plásticos; coque, produtos, refinados de petróleo e de combustíveis nucleares; outros produtos não metálicos; metalurgia básica e produtos metálicos;
4. Baixa intensidade tecnológica (menos de 1%): alimentos, bebidas e fumo; outros setores e de reciclagem, madeira, papel e celulose; editorial e gráfica; têxtil e de confecção, couro e calçados.

Já a UNCTAD desenvolveu uma metodologia para classificar as mercadorias de acordo com a intensidade tecnológica dos seus produtos, com base na *Standard International Trade Classification* (SITC). Esta classificação internacional adota os seguintes critérios: i) a natureza da produção de mercado; ii) o estágio de processamento dos bens; iii) as práticas de mercado; iv) a importância do bem; e v) as mudanças tecnológicas. A partir disso, a UNCTAD sugere a

adoção desta classificação, capaz de homogeneizar e comparar o comércio entre os países. Nesta classificação, o critério de agrupamento das mercadorias é fundamentado na intensidade tecnológica utilizada para o seu processamento, resultando em 6 grupos: a) *commodities* primárias; b) intensivo em trabalho; c) manufatura com baixa tecnologia; d) manufatura com média tecnologia; e) manufatura com alta tecnologia; f) produtos não classificados (UNCTAD, 2002).

Vale ressaltar que a construção de indicadores de intensidade tecnológica para as atividades econômicas impõe várias dificuldades: a) o critério de identificação do conteúdo tecnológico da indústria; b) a definição do conceito de intensidade tecnológica (por exemplo, pode ser considerado um setor de alta tecnologia aquele que tem elevada produção de tecnologia ou também aquele que usa intensivamente tecnologia); c) a possibilidade de existir “algum grau” de arbitrariedade na definição dos limites entre os grupos de intensidade tecnológica (Hatzichronoglou, 1997).

Há ainda classificações que, embora não sejam tão robustas e utilizadas em âmbito internacional, apresentam um enfoque interessante, como a proposta por Cimolli *et al* (2005) para a indústria manufatureira ao explicar a heterogeneidade produtiva e tecnológica dos países. Os autores identificam 3 grupos de setores industriais: a) os intensivos em recursos naturais, b) os intensivos em mão-de-obra e c) os difusores de conhecimento, sendo que os últimos seriam os responsáveis por efeitos positivos na totalidade da indústria. Vale mencionar que a inspiração para tal agrupamento é também a *International Standard Industrial Classification* (ISIC).

Ferraz *et al* (1996) classificam a indústria brasileira em 4 categorias a partir dos fatores críticos da competitividade: *commodities*, duráveis, tradicionais e difusores do conhecimento. Nesta perspectiva as cadeias produtivas LMT estariam relacionadas aos setores tradicionais e às *commodities*, o que dificulta a sua aplicação. O setor de atividades tradicionais abrange uma variedade de atividades que são extremamente sensíveis aos movimentos na demanda, por isso dependem da montagem e fabricação em lotes. As barreiras à entrada são baixas, há uma baixa relação capital/produto e o fator crítico da competitividade é a capacidade empreendedora das empresas para garantir a qualidade, a eficácia e eficiência da produção. Para os autores neste segmento estão as agroindústrias alimentares, têxteis e calçados e a indústria moveleira. Já no setor de *commodities* a vantagem competitiva é centrada no fator preço, sendo que as economias de escala são fundamentais e há pequena diferenciação de produtos. As empresas devem explorar



todas as possibilidades de redução de custo para serem capazes de responder às oscilações de preço e quantidade dos mercados, já que a excelência empresarial não garante competitividade. Nesta categoria estão as atividades da química básica (incluindo petróleo e petroquímica), celulose, papel e suco de laranja. A linha tênue que diferencia a categoria das indústrias tradicionais das *commodities*, mostra que alguns setores poderiam ser enquadrados em ambas as categorias como a cadeia sucroalcooleira, o que dificulta a sua aplicação.

Outra classificação amplamente utilizada para análise do padrão inovativo das indústrias é a de Pavitt (1984). Nesta taxonomia, os setores são agrupados em categorias segundo as variações das inovações: 1) dominados pelos fornecedores, 2) intensivos em produção e intensivos em escala, 3) intensivos em produção com fornecedores especializados e 4) baseadas em ciência. De acordo com essa taxonomia, as atividades do setor sucroalcooleiro seriam “dominadas pelos fornecedores”, já que sua atividade nuclear é a agricultura e grande parte das inovações tecnológicas é desenvolvida a partir das interações com os fornecedores. A tipologia de Pavitt é importante porque está fundamentada nos fluxos tecnológicos, se consolidando como um elemento determinante na conexão entre a intensidade tecnológica dos setores e o seu potencial de agregação de valor, o que justificaria este vínculo com as atividades de P&D.

A grande vantagem do uso deste indicador de intensidade tecnológica da OECD é a possibilidade de realização de comparações internacionais e intra-setoriais. No entanto, deve-se reconhecer que este indicador não é capaz de dimensionar o esforço inovativo das indústrias LMT por vários motivos. Neste trabalho foi adotada a classificação de intensidade tecnológica da OECD para contextualizar as indústrias baseadas em recursos naturais por vários motivos. Primeiro, porque o foco deste trabalho é a capacitação tecnológica dos fornecedores em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, portanto, diante deste recorte com viés fortemente tecnológico, optou-se por essa classificação para permitir o aprofundamento nesta abordagem e a realização de comparações internacionais. Segundo, porque por meio da tipologia da OECD é possível notar a diferença entre os indicadores usuais com outras abordagens de estudos setoriais sobre padrões industriais, como os Sistemas Setoriais de Inovação (SSI). Terceiro, porque essa classificação de intensidade tecnológica agrega as atividades baseadas em recursos naturais como uma parte integrante das indústrias LMT, o que permite uma variedade de comparações internacionais, tanto em termos da própria indústria analisada como também de características das atividades tecnológicas em indústrias LMT em geral. Por último, com este referencial foi possível explorar a

principal questão de pesquisa desta tese, particularmente sobre o estudo de caso no Brasil: o país precisa necessariamente desenvolver novas indústrias de alta tecnologia (nas quais acumulamos *déficits* estruturais em indústrias como a eletrônica e farmacêutica) ou existem possibilidades de desenvolvimento em atividades de menor intensidade tecnológica, mas em atividades nas quais já temos capacitações acumuladas (geralmente relacionadas ao agronegócio brasileiro) em indústrias baseadas em recursos naturais?

As indústrias de alta tecnologia são identificadas a partir do indicador de intensidade tecnológica da OECD, mas deve-se reconhecer que quaisquer classificações possuem distorções, especialmente se atentarmos para as peculiaridades dos países em desenvolvimento. Neste caso, observa-se uma realidade distinta com relação à intensidade tecnológica dos setores industriais, além do fato de que as bases de dados agregadas existentes muitas vezes não permitem a realização de um exame preciso do padrão inovativo destas atividades.

Para Freeman e Soete (2009) a restrita concepção de P&D da OECD parece remeter ainda à realidade dos anos 60, por desconsiderar as atividades de aprendizado e geração de conhecimento fora dos laboratórios. Cada vez mais, as inovações tecnológicas caracterizam-se por esforços “de tentativa e erro”, e, por isso, é mais importante examinar a mudança técnica com uma abordagem mais ampla para compreender a complexidade da geração do conhecimento, como a proposta de *user-driven innovation* de Lundvall. Por isso, os autores criticam a diferenciação entre alta e baixa tecnologia, amplamente utilizada:

*“In many cases very sophisticated industries, such as aero-engines and instruments, used also craft techniques and vice-versa. Consequently, the division of industries into “high”, “medium”, or “low” technology categories usually came to be based on a measure of R&D-intensity rather than an examination of process technology... On the one hand there were the knowledge generation and learning activities taking place in professional R&D laboratories, engineering and design activities, of which only the first part was measured through the Frascati Manual; on the other hand there were the production and distribution activities where basic economic principles would prevail of minimizing input costs and maximizing sales”* (Freeman e Soete, 2009: 586-587).

Além disso, os países em desenvolvimento apresentam padrões de intensidade tecnológica diferenciados em termos de esforço tecnológico, sendo que o indicador de intensidade tecnológica não explicita essas heterogeneidades estruturais. A intensidade tecnológica tem significados distintos para os países desenvolvidos e aqueles em desenvolvimento já que se

fundamenta no comportamento médio da indústria: para os primeiros apresenta “a velocidade de deslocamento da fronteira tecnológica internacional”, enquanto que para os últimos “descreve os esforços relativos que devem ser realizados no processo de transferência internacional de tecnologia” (Furtado e Quadros, 2005: 73). Na tentativa de superar essas fragilidades e proporcionar uma análise adequada dos padrões de intensidade tecnológica no Brasil, capaz de explicar as diferenças de intensidade de P&D dos setores industriais brasileiros, os autores propõem uma classificação alternativa que considere também a origem do capital, o conteúdo local, o conhecimento tácito/codificado da tecnologia e as políticas governamentais.

Deve-se atentar ainda para o fato de que elaboração de indicadores capazes de mensurar os múltiplos elementos envolvidos na produção de conhecimento não é algo trivial. Por isso, embora a intensidade tecnológica segundo a P&D seja um indicador relevante, é necessário atentar para a complexidade das atividades nas indústrias LMT, que possuem elevado conhecimento e dinamismo tecnológico, principalmente em países em desenvolvimento, comprovando as distorções das classificações frequentemente utilizadas:

*“A definição de “alta” tecnologia adotada pelas agências estatísticas está diretamente ligada à intensidade de P&D. Contudo, já salientamos que um ramo pode ser caracterizado por uma considerável inovação e não ter alta densidade de P&D. Se as empresas forem relativamente pequenas ou se houver um significativo trabalho em projetos direcionados para determinados clientes ou nichos de mercado, embora possa estar ocorrendo uma considerável inovação, as empresas talvez não declarem muita P&D”* (Nelson, 2006: 454-5).

Nessa visão crítica, nosso argumento se alinha ao de Andersen (2009):

*“The main point regarding less developed countries and economic development is that growth does not necessarily come from the creation of high-tech sectors but rather from technological upgrading of low-tech traditional industries. The main difference between developed countries and less developed countries is not in industrial structure per se (structure of activities – low, medium, high-tech), but their technological levels”* (Andersen, 2009: 12).

A partir da discussão acima, ressaltamos que como a grande maioria das indústrias baseadas em recursos naturais possuem média e baixa intensidade tecnológica segundo o indicador da OECD,

por isso podem ser consideradas parte deste universo maior dos setores LMT, mas o foco do trabalho são especificamente as indústrias baseadas em recursos naturais.

## **1.2. A participação das indústrias LMT na indústria e no comércio mundiais**

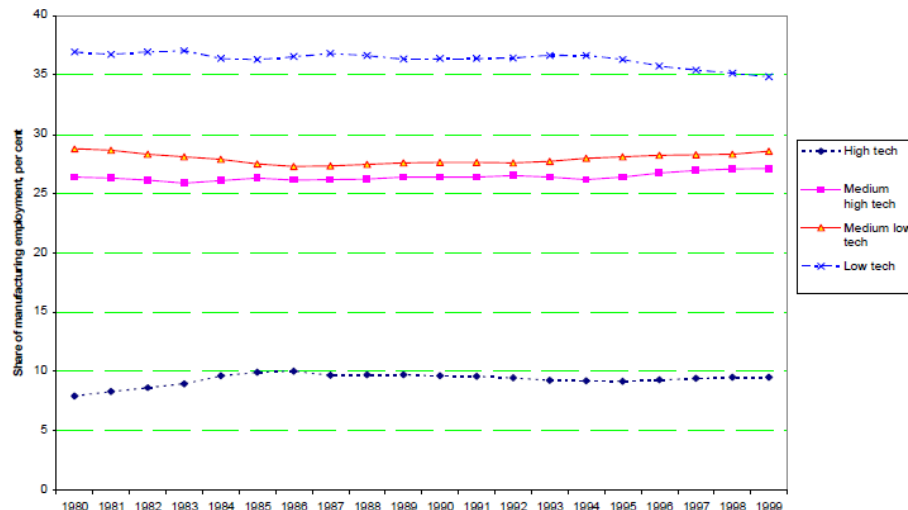
Nas últimas décadas, a estratégia de política industrial de grande parte dos países tem priorizado o desenvolvimento dos setores de alta tecnologia, com o argumento de que essas atividades seriam a base da economia do conhecimento, e, por isso, promoveriam um efeito positivo diante do seu poder de difusão em outras atividades econômicas. Nessa perspectiva, as indústrias de alta tecnologia estariam associadas a atividades mais dinâmicas, intensivas em conhecimento e com elevado percentual de atividades inovativas. Desta forma, começa a se disseminar a percepção de que haveria mais efeitos positivos associados ao desenvolvimento dos setores de alta tecnologia. No entanto, essa associação conduz a uma superestimação do papel dos setores de alta tecnologia como um vetor do crescimento industrial uma vez que, na verdade, as inovações tecnológicas deste setor somente são mais facilmente percebidas pelo seu poder de difusão e efeito sobre outros setores. Entretanto, a mudança tecnológica caracteriza-se por um processo complexo, dinâmico, multidisciplinar e interativo, em que a indústria de alta tecnologia não é capaz de isoladamente, conduzir o processo de mudança técnica. A mudança técnica é decorrente da interação de vários fatores como o padrão inovativo das cadeias produtivas, do arcabouço institucional existente e da política governamental implementada, o que consolida o Sistema Setorial e o Nacional de Inovação.

Vale mencionar que entende-se como cadeia produtiva integrada o conjunto das atividades agrícolas e/ou industriais relacionadas a uma mesma atividade econômica, estendendo-se desde o fornecedores dos insumos básicos até os distribuidores finais deste produto. Nesta perspectiva de integração de cadeias, o setor de bens de capital torna-se estratégico, pelo seu poder de difusão industrial e tecnológica, uma vez que constitui um eixo fundamental de conexão entre essas cadeias produtivas e a totalidade da indústria local dos países.

Para entender a mudança tecnológica no desenvolvimento industrial de forma abrangente, buscou-se verificar a importância relativa e o padrão inovativo das indústrias LMT. Os dados da participação de cada um dos grupos de intensidade tecnológica na totalidade da indústria dos países mostram que as atividades LMT ocupam grande parte das atividades industriais, inclusive nos países desenvolvidos. Na Europa, as indústrias que não são de alta tecnologia detém entre 90

e 97% de todas as atividades econômicas (Hirsch-Kreinsen *et al*, 2003) e são importante fonte geradora de empregos, já que representam aproximadamente 70% do total dos empregos dos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) em 1999.

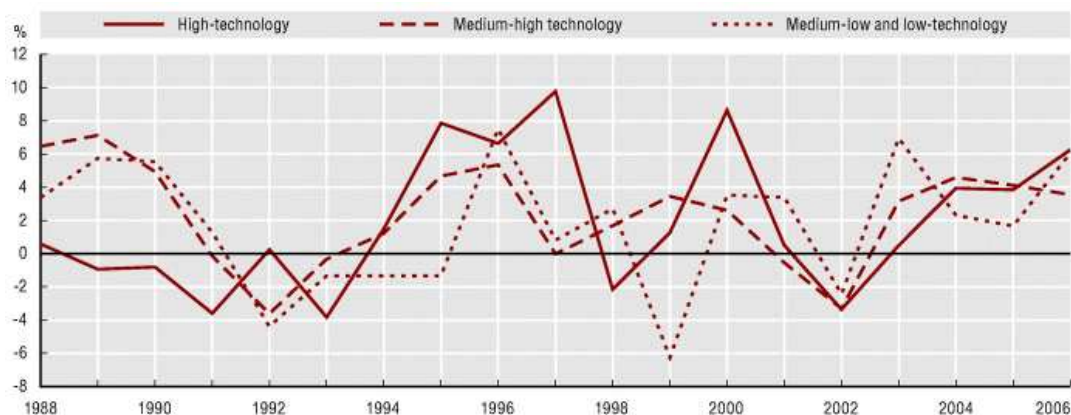
**FIGURA 1.1. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NO TOTAL DE EMPREGOS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DOS PAÍSES DA OECD, EM %, ENTRE 1980 E 1999**



Fonte: Sandven *et al*, 2005: 26

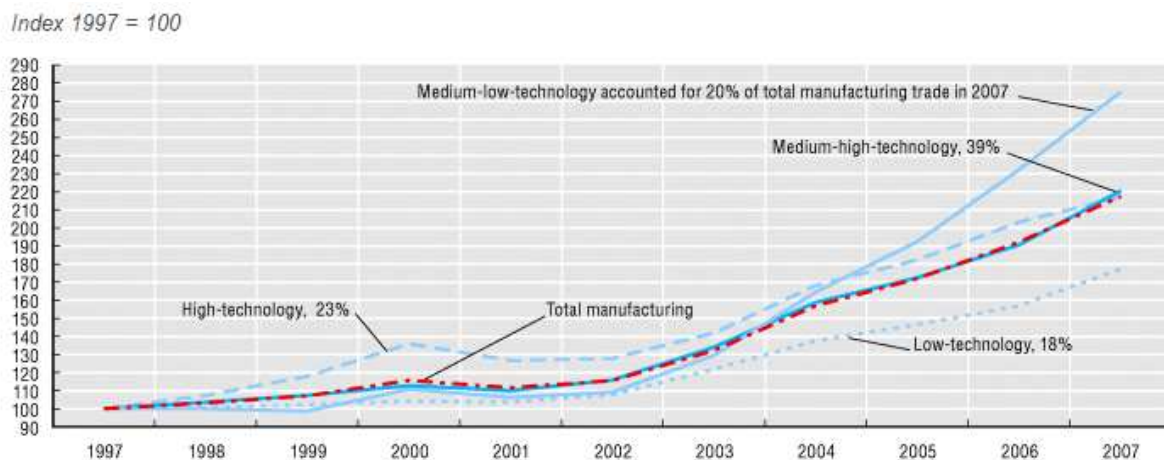
Embora as atividades LMT apresentem queda expressiva em períodos de oscilação dos ciclos econômicos, rapidamente essas se recuperam e alcançam as indústrias de alta tecnologia, sendo que responderam por 38% dos fluxos de comércio internacional em 2007, mas com tendência de crescimento nos últimos anos, como ilustra a figura 1.2. a seguir.

**FIGURA 1. 2. ALTERAÇÕES DA P&D MUNDIAL NOS CICLOS DE NEGÓCIO: TAXA MÉDIA DE CRESCIMENTO ANUAL REAL (EM %) DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA ENTRE 1988 E 2006**



Fonte: OECD (2009), disponível em <http://dx.doi.org/10.1787/742253324386> (acesso em 01/05/2012).

**FIGURA 1. 3. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NOS FLUXOS DE COMÉRCIO INTERNACIONAL, EM %, ENTRE 1997 E 2007**



Fonte: OECD (2009).

Diante desses dados que revelam a expressiva participação das atividades LMT, o que inclui aquelas indústrias baseadas em recursos naturais, começa a se discutir que hipótese de que o desenvolvimento dessas atividades poderiam se tornar uma oportunidade para os países com

abundância de recursos naturais, como o Brasil, desde que existam cadeias produtivas integradas e um processo de capacitação tecnológica localmente.

### **1.2.1 Padrão Inovativo em Atividades LMT**

O indicador de intensidade tecnológica baseado na P&D não reconhece o padrão inovativo das atividades LMT, primeiramente porque as atividades de P&D não são a única fonte de geração de conhecimento nestas atividades e também por desconsiderar que o conhecimento relevante para a indústria pode estar disperso entre vários setores e agentes. As indústrias LMT possuem complexas bases de conhecimento, envolvendo várias áreas e dimensões de engenharia, *design*, além do conhecimento prático, resultante de processos de interação entre diversas instituições e agentes (Hirsch-Kreinsen *et al*, 2003).

Asheim e Coelen (2005) destacam que a classificação de intensidade tecnológica para as atividades industriais, segundo o esforço agregado de P&D como percentual do valor adicionado, não é sempre um elemento explicativo porque a formação de conhecimento e a inovação podem ocorrer em várias direções e ambientes, dentro ou fora das instalações das atividades de P&D. Além disso, deve-se considerar que o indicador de intensidade tecnológica segundo a P&D não foi capaz de acompanhar as transformações estruturais no processo de desenvolvimento tecnológico. Este conceito baseia-se na definição de P&D da OECD e nas diferenciações entre “novidade” e as “atividades de rotina”. No entanto, as atividades de P&D industriais são mais complexas, especialmente aquelas desenvolvidas em plantas pilotos, com condições técnicas específicas ou engenharia, que atualmente desempenham a função de “intermediação” entre a produção e a P&D.

Existem problemas intrínsecos na mensuração do conhecimento contido nas classificações frequentemente utilizadas: 1) os elementos que compõe o conhecimento são heterogêneos; 2) o conhecimento muitas vezes é não observável (especialmente o conhecimento tácito); 3) não existe um modelo estável que possa ser usado para converter os insumos (a criação do conhecimento) em resultados (em termos de efeitos econômicos) e 4) é impossível ter um indicador físico para medir o estoque acumulado no caso do conhecimento (Foray, 2004).

Nesta perspectiva crítica, para discutir as peculiaridades e demonstrar a importância das indústrias LMT para o crescimento econômico, um grupo de pesquisadores europeus conduziu o

projeto *Policy and Innovation in Low-Tech* (PILOT), entre 2002 e 2005<sup>1</sup>. O objetivo do projeto foi analisar estudos de casos de empresas em indústrias LMT e também quantificar a importância dessas indústrias para o emprego, crescimento e inovação das economias dos países integrantes da OECD. Isto seria fundamental já que “o crescimento é baseado principalmente não na criação de novos setores, mas na transformação dos setores que já existem” e “a P&D, no sentido estabelecido, é somente um e não necessariamente o mais importante pré-requisito para a riqueza de inovações de uma economia” (Bender, 2006: 8-9).

O grupo do PILOT argumenta que as origens desta visão, um tanto equivocada, de que somente as indústrias de alta tecnologia são intensivas em conhecimento deriva da combinação de quatro elementos específicos, em um determinado momento histórico: 1) a difusão do modelo linear de inovação (que se baseia na sequência de fases para o entendimento do processo de mudança tecnológica, em que as etapas do processo de inovação tecnológica seriam: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, produção e comercialização) difundido no governo norte-americano após a 2ª. Guerra Mundial<sup>2</sup>; 2) o contexto político de Guerra Fria; 3) a trajetória de desenvolvimento das grandes empresas capitalistas, fundamentada em setores “baseados em ciência” e 4) as estratégias de concorrência entre os países da Tríade. Nessa visão de linearidade somente as indústrias intensivas em conhecimentos científicos ou pesquisa poderiam gerar competitividade na nova Economia do Conhecimento (Hirsch-Kreinsen *et al*, 2003: 11). O argumento central destes autores é de que as características das inovações existentes nas indústrias LMT não são identificadas e mensuradas apropriadamente diante de suas peculiaridades. Isso justificaria o fato de que, geralmente, as atividades LMT ocupam uma posição secundária na discussão sobre desenvolvimento industrial. Desta forma, as indústrias LMT seriam tão importantes quanto as indústrias de “alta tecnologia” e, além disso, seriam uma oportunidade para o desenvolvimento de cadeias produtivas integradas desde que haja um processo de intensificação do conhecimento em suas atividades (Smith, 2000; Lorentzen, 2008; Lederman e Maloney, 2007; Hirsch-Kreinsen e Jacobson, 2008; Balcerowicz *et al*, 2009).

---

<sup>1</sup> Mais informações sobre os pesquisadores do projeto PILOT podem ser consultadas em <http://www.pilot-project.org/> (acesso em 20/12/2011).

<sup>2</sup> A partir do relatório “Science, the Endless Frontier”, de Vannevar Bush, que se tornou referência da política científica nacional para as décadas posteriores. Mais informações sobre este tema em Stokes (2005).



A importância das indústrias LMT para a geração de conhecimento e acumulação de competências tecnológicas é reconhecida por Smith (2000). O autor discute elementos relacionados ao conceito de economia do conhecimento e sugere que várias indústrias LMT são intensivas no uso do conhecimento, em setores como a produção de alimentos, máquinas, impressão e produtos florestais, dentre outras:

*“The point is that direct R&D is but one indicator of knowledge content, and that technology intensity is not mapped solely by R&D. Unfortunately the qualifications were forgotten in practice... this is open to two important objections. First, it is by no means the only measure of knowledge-creating activities. Second, it ignores the fact that the knowledge that is relevant to an industry may be distributed across many sectors or agents: thus a low-R&D industry may well be a major user of knowledge generated elsewhere”*  
(Smith, 2000: 10).

Com essa preocupação, Sandven *et al* (2005) teve como questão central do seu trabalho avaliar se as economias com elevada participação relativa das indústrias LMT tendem a apresentar um fraco desempenho econômico. Para responder a essa pergunta, o autor realiza exercícios econométricos com a evolução da participação das indústrias segundo a sua intensidade tecnológica e seu impacto em variáveis como produtividade, valor adicionado e empregos gerados. Observa-se uma tendência de redução da participação das indústrias LMT e o incremento das de alta tecnologia, entre 1980 e 1999, tanto na produção como na geração de empregos, no entanto, o impacto é diverso entre a amostra de países. Por isso, concluiu que não há evidências acerca da relação entre a intensidade tecnológica da estrutura industrial e o crescimento econômico do país. Embora o resultado não seja explícito, o autor sugere que as indústrias LMT não tendem a desaparecer e irão “sobreviver” futuramente, já que são mais dinâmicas e inovadoras do que aparentam, porque estariam envolvidas em um processo de capacitação tecnológica nas atividades já existentes:

*“Such changes are often ignored because of asymmetric attention by analysts selected new technologies. However technological upgrading in medium and low tech industries is pervasive and can be both incremental and radical. Incremental change upgrades and endogenously changes industries over the long run. Radical innovations in medium and low tech activities, such as the container revolution, or new forms of adhesives, or new materials in textiles and clothing, can have important growth impacts... This implies that growth is primarily based not on the creation of new*

*sectors but on the internal transformation of sectors, which already exist. Overemphasizing the role of high tech activities high tech ignores this major dimension of change in advanced economies” (Sandven et al, 2005: 36-7).*

A importância dos fluxos de troca de conhecimento e da origem dos recursos externos é reconhecida como crítica, já que “muitas atividades que resultam em inovação não são baseadas em P&D” (Santamaria *et al*, 2009: 508). A partir de uma análise comparativa entre as atividades de indústrias LMT e de alta tecnologia, utilizando como base de dados o *Spanish Business Strategy*, os autores concluem que as atividades *non-R&D*<sup>3</sup> são fundamentais para entender as inovações de processo de qualquer empresa, independentemente da intensidade tecnológica da atividade. Para a geração de resultados em inovação são importantes elementos como *design*, uso de máquinas avançadas e treinamento, sendo que o primeiro é o fio condutor deste processo e que gera aprendizado tecnológico. Sobre o papel do *design*, é necessário reconhecer que o conceito utilizado na literatura é vago e bastante amplo, em decorrência inclusive dos Manuais de Oslo e de Frascati (Hirsh-Kreinsen *et al*, 2003). As atividades LMT não são sinônimo somente de conhecimento tácito porque há evidências de outros elementos como criatividade, profissionalismo e capacitação:

*“LMT firms are characterized by a certain absorptive capacity, i.e., the ability to integrate and utilize codified and scientifically produced elements of knowledge from different, often external sources...vertical co-operation with supplies and distributors has also been going importance” (Hirsh-Kreinsen et al, 2003: 27-8).*

Huang *et al* (2010) também reconhecem que, embora grande parte dos estudos tratem a inovação como indicador através da P&D, há atividades criativas que não exigem P&D como: 1) mudanças incrementais, 2) imitação por meio da engenharia reversa e 3) conhecimento existente de novas formas (design industrial e projetos de engenharia). A partir do exame do *European Community Innovation Survey* (CIS-3) os autores identificam que 50% das empresas não fazem

---

<sup>3</sup> Segundo o Manual de Oslo (2005) dois tipos de inovação podem ser consideradas não-tecnológicas: as de marketing e organizacionais. Já as inovações *non-R&D* podem ser definidas como as firmas inovadores que implementam inovações de produto ou processo, mas não executam P&D intramuros e extramuros, sendo que “*non-R&D innovation is not the same as non-technological innovation*” (Fonte: <http://www.proinno-europe.eu/page/non-rd-innovators-0> acesso em 20/02/2012).

P&D interna, sendo que as firmas menores tendem a investir mais em inovação *non-R&D* e tais atividades estão pouco relacionadas com os esforços de patenteamento, o que justifica o baixo número de patentes nas atividades LMT.

A amplitude de tipologias criadas para analisar o padrão inovativo das atividades industriais também foi examinada por Jong e Marsili (2006). Os autores propõem uma taxonomia que inclua as pequenas e médias empresas (PMEs), já que a maioria das demais classificações foi criada a partir do papel desempenhado pelas grandes empresas e as PMEs se diferenciam não só pelas suas atividades inovativas, mas também pelas suas práticas de negócios e estratégia, dentre as quais podemos destacar a atitude de gerenciamento, a forma de planejamento e a orientação externa para articular a inovação. Na tipologia proposta as PMEs são agrupadas em 4 categorias: baseadas em ciência, especializadas nos fornecedores, dominadas pelos fornecedores e intensiva em recursos. O padrão inovativo peculiar das indústrias LMT também foi evidenciado no estudo de Balcerowicz *et al* (2009) a partir de uma análise de *cluster* com dados de um *survey* na República Tcheca, Hungria e Polônia. O conhecimento externo é fundamental para a geração de inovações tecnológicas, principalmente por meio da cooperação tecnológica com fornecedores. Nas atividades LMT a P&D não é um dos principais fatores determinantes, ao passo que nas inovações com aquisição de máquinas, dominadas pelos fornecedores, são fundamentais as inovações geralmente de caráter incremental, já que o processo de inovação em si é diferenciado, sendo que a cooperação interdisciplinar se torna crítica para acumulação de capacidade de absorção das novas tecnologias nas empresas.

Com os elementos expostos acima, surgem evidências de que pode-se questionar o senso comum de que o desenvolvimento econômico dos países depende amplamente da contribuição dos setores de alta tecnologia, já que as indústrias baseadas em recursos naturais, juntamente com os demais setores LMT podem se tornar uma oportunidade emergente para os países, diante das peculiaridades do seu padrão inovativo e seus possíveis efeitos na estrutura industrial.

### **1.3. Uma Discussão sobre Cadeias Produtivas Integradas Baseadas em Recursos Naturais**

Neste trabalho consideraremos que cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais são definidas como as atividades econômicas envolvidas na produção, venda e distribuição de quaisquer produtos e serviços, desde que tenha como origem a exploração de recursos naturais.

Considera-se que o desenvolvimento de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais seria intrinsecamente limitado, por alguns elementos:

- A permanente oscilação de preços dos mercados internacionais de *commodities*, o que gera uma decorrente vulnerabilidade estrutural nestas indústrias;
- O reduzido potencial de agregação de valor a produtos baseados em recursos naturais;
- A baixa elasticidade-renda dos produtos primários, já que um aumento de renda não gera uma expansão proporcional do consumo destes bens;
- O número baixo de encadeamentos produtivos entre as indústrias;
- O poder de difusão de tecnologias nas demais atividades produtivas e
- A baixa existência de *spillovers* tecnológicos.

Esses elementos se difundiram a partir de alguns trabalhos importantes que analisaram a relação entre indústrias baseadas em recursos naturais e o desenvolvimento econômico nesses países, a partir de variáveis como comércio exterior e produtividade industrial, geralmente por meio do emprego de modelos econométricos com séries históricas de dados.

O clássico argumento da “doença holandesa” (*The Dutch Disease*) foi divulgado a partir de um artigo publicado na revista *The Economist*, em 1977, por Sidney Nakao e Marcos S. Jank. Esta publicação descreve os efeitos na economia local em decorrência da apreciação da taxa de câmbio da Holanda, que ocorreu posteriormente à descoberta das reservas de gás natural no Mar do Norte, na década de 1960. Se, por um lado, as exportações proporcionaram um aumento da renda, por outro, a entrada de divisas provenientes das vendas desta *commodity* tornou as exportações dos outros produtos menos competitivas. Isto seria um efeito negativo resultante deste processo de valorização cambial, que tornaria o setor manufatureiro menos competitivo com relação aos produtos externos.

Este impacto potencial negativo sobre os bens manufaturados pode promover um processo de desindustrialização, também chamado de “maldição dos recursos naturais”, termo cunhado nos anos 1980 para referir-se à relação negativa entre a abundância de recursos naturais e o crescimento econômico nesses países. Essa maldição seria originada da entrada excessiva de divisas resultantes da venda de recursos naturais, mas que geralmente vem acompanhada da vulnerabilidade nesses mercados, da má governança e do aumento da corrupção nesses países.

Uma contribuição importante foi realizada por Sachs e Warner (1995), que demonstrou a existência de uma relação negativa entre a taxa de crescimento dos países e a abundância de

recursos naturais de acordo com dados de exportações e do Produto Interno Bruto (PIB) em vários países. Os autores concluíram que nos países em que há elevada participação de exportações de produtos derivados de recursos naturais, há um crescimento menor que nos demais. Estes resultados foram obtidos a partir vários exercícios econométricos entre a participação das exportações de produtos derivados de recursos naturais no PIB em 1971 (parâmetro) e a taxa de crescimento dos países no período subsequente (1971-1989). Em outro artigo mais recente (Sachs e Warner, 2001), os autores reforçam o argumento de que haja a “maldição dos recursos naturais” diante dos resultados de regressões econométricas que incorporaram variáveis relacionadas às condições geográficas e variações climáticas. Esse exercício pretendia confirmar que países com recursos naturais abundantes na década de 70 não tiveram crescimento econômico nos 20 anos seguintes, especialmente com exploração de petróleo. Verificou-se que, na realidade, existem poucas evidências de que estes fatores explicariam o fraco desempenho econômico dos países. Mas, por outro lado, existiria um efeito de deslocamento (*crowding-out*), já que surge um inflacionamento dos preços e os países não explorariam adequadamente o potencial de crescimento impulsionado pelas exportações dos produtos primários.

Gylfason (2001) também compartilha esta visão pessimista sobre o desenvolvimento a partir de indústrias baseadas em recursos naturais, e identificou quatro “canais de transmissão”, que justificariam o baixo crescimento econômico dos países relacionado à existência de recursos naturais abundantes. Esses canais de transmissão foram identificados a partir de análises econométricas com variáveis que afetam o crescimento econômico, com dados de uma amostra significativa de 90 países entre 1965 e 1998. Um primeiro canal seria que a abundância de recursos naturais conduziria a uma valorização da moeda local em função da “doença holandesa”. Em um segundo canal, identifica-se que as economias ricas em recursos naturais tendem a ter efeitos sociais negativos em favor do comportamento dos produtores, por exemplo, a adoção de tarifas de proteção aos produtos locais, o que poderia levar a um aumento da corrupção e redução do crescimento econômico. O terceiro canal está associado ao “falso” senso de segurança nos governos destes países, o que ocasionaria perdas em termos de administração, eficiência e qualidade institucional. Por último, essa abundância de recursos naturais levaria à negligência de outros aspectos fundamentais para o desenvolvimento econômico, especialmente na formação de

recursos humanos, o que o autor discute com maior detalhamento e considera um elemento crítico para uma trajetória de sucesso. O autor concluiu que:

*“In most countries that are rich in oil, minerals, and other natural resources, economic growth over the long haul tends to be slower than in other countries that are less well endowed...natural-resource-based industries as a rule are less high-skill labor intensive and perhaps also less high-quality capital intensive than other industries, and thus confer relatively few external benefits on other industries”* (Gylfason, 2001: 848-856).

Com relação a esses trabalhos, duas ressalvas devem ser discutidas. A primeira diz respeito à heterogeneidade estrutural da amostra selecionada nestes estudos. Os países da amostra são extremamente heterogêneos entre si em termos de estágios de desenvolvimento, políticas de investimento e até de estabilidade política. Tais elementos, embora não tenham relação direta, influem no desempenho exportador e impedem que a análise seja restrita aos macro-elementos. Uma segunda consideração refere-se à inclusão das atividades petrolíferas nas atividades baseadas em recursos naturais. Embora esta atividade seja derivada de um recurso natural, há características próprias do seu dinamismo industrial que impedem que ela seja tratada de maneira idêntica às demais atividades. Um exemplo disso são os efeitos nas demais atividades industriais em função da entrada de moeda decorrente das exportações, conhecido como “doença holandesa” e também o caráter estratégico e político desta atividade, como ilustram as ações da Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP) na oferta de petróleo no mercado mundial, a instabilidade e falta de credibilidade dos sistemas políticos neste grupo de países. Consideramos que embora os resultados sejam válidos, deve-se considerar que são úteis para um panorama geral de tendências, sendo que uma análise qualitativa “caso a caso”, capaz de verificar a dinâmica de cada um dos países também é necessário para se tirar conclusões definitivas.

Por outro lado, em uma visão otimista, o estudo de Bound (2008) sugere a existência de competências tecnológicas acumuladas a partir das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, com indícios de que essas atividades seriam intensivas em conhecimento. A autora considera que o país se caracterizaria como uma “economia natural do conhecimento” e deveria explorar estas competências tecnológicas acumuladas, já que:

*“Os atuais debates acirrados sobre os biocombustíveis refletem a dinâmica mais ampla do próprio sistema brasileiro de inovação e revelam que conquistas do presente, no Brasil, têm raízes históricas mais profundas do que se imagina. Demonstrem, ainda, que os recursos naturais e os bens brasileiros são uma área-chave de oportunidades em ciência e inovação – perspectiva que eleva o Brasil à condição de ‘economia natural do conhecimento’. O mais importante é que evidenciam quão oportuna é a ampliação da força do Brasil nessas áreas, quando temas como mudança climática, meio ambiente, escassez de alimentos e aumento significativo da demanda global por energia estão na vanguarda da consciência global... No entanto, há uma tendência a se considerar vantagem comparativa baseada em recursos naturais como indicativa de uma economia em um estágio de desenvolvimento imaturo, que deve ser superado para se alcançar e expandir as fronteiras das possibilidades tecnológicas. Sugere-se, aqui, que o caso brasileiro desafia essa visão linear de desenvolvimento. Na trajetória alternativa que o país oferece, a crescente capacidade científica e tecnológica não está separada nem se opõe a seus recursos naturais, mas é integralmente ligada a eles” (Bound, 2008: 12-13).*

Perez (2010) também argumenta que existe um enorme potencial de exploração dos países da América Latina em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, energia e processos, diante da tendência de aumento dos preços desses produtos e das condições favoráveis nos mercados internacionais, o que levaria aos indícios da “próxima revolução tecnológica”, que seria baseada nas áreas das ciências da vida e de materiais. A região poderia se tornar um provedor mundial de insumos materiais, alimentos e outros bens agrícolas mais sofisticados desde que houvesse um incremento do conteúdo tecnológico das exportações e nas cadeias produtivas baseadas em recursos naturais. Isto seria alcançado por meio de inovações tecnológicas em produtos, processos e atividades correlacionadas na cadeia produtiva, o que resultaria em produtos de alto valor agregado. Além disso, haveria a necessidade de um processo de “transformação gradual” em toda a economia, com esforços de capacitação tecnológica segundo a dotação específica de recursos naturais de cada país e de suas indústrias processadoras (como a metalurgia, a química e a de processamento de alimentos) para migrar para produtos de maior valor agregado e especializados/adaptados de acordo com as demandas dos clientes, juntamente com o desenvolvimento de redes de inovação entre os agentes. Essa trajetória baseada na construção de cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais seria uma oportunidade aberta para a América Latina no período recente e contraditória o argumento da “maldição dos recursos naturais”:

*“No deja de ser interesante advertir que la idea de La “maldición de los recursos naturales” es muy reciente y estuvo precedida por otras teorías con otros argumentos, a veces contradictorios en apariencia. En este trabajo se sostiene que las oportunidades cambian a medida que las diferentes revoluciones tecnológicas, con sus diferentes condiciones, emergen y se propagan” (Perez, 2010: 140).*

Os encadeamentos produtivos em cadeias baseadas em recursos naturais cada vez mais é visto como a trajetória promissora para os países com abundância de recursos naturais, como Marian (2006) discute com a experiência da América do Sul na exploração de minerais:

*“It posts a central role to the underlying domestic (minerals) resource base for generating competency and competitiveness in complex manufactures and the fostering of economic ‘linkages’ and presents 3 alternatives for maximizing the economic potential and ensuring the sustainability of the country’s mineral endowment: first, through the development of linkages upstream and downstream of the resource-based, second, through the development of a capital goods and service sector initially supporting and dependent on the resource based sector, but eventually emerging into an independent sector (and generation of economic wealth) in its own right; and third, the migration of generic technologies from a developed capital goods and service sector to other high-tech industrial sectors, the ‘lateral migration’ of technology (Marian, 2006: 27-28).*

No estudo comparativo dos sistemas nacionais de inovação de 15 países para examinar as variações no desempenho das economias, Nelson (2006) selecionou 3 conjuntos de países. Um primeiro com os países de mais elevado nível de renda (EUA, Japão, Alemanha, França, Itália e Reino Unido), um segundo grupo com pequenos países com renda alta e forte base de recursos na agricultura (Dinamarca, Suécia, Canadá e Austrália) e um último grupo com países de renda mais baixa (Coreia, Taiwan, Argentina, Brasil e Israel). Esta divisão baseia-se em uma separação analítica a partir de variáveis que influenciam o formato de seu sistema de inovação: países com uma maior participação dos ramos intensivos em P&D industrial (primeiro grupo) e países com abundância de recursos naturais ou com amplas áreas cultiváveis. Constatou-se que:

*“Os países que possuem recursos naturais e boas terras cultiváveis enfrentam um diferente conjunto de oportunidades e de limitações em relação àqueles sem estas características... países com uma rica base de recursos naturais podem sustentar padrões de vida relativamente altos com produtos agrícolas e recursos naturais e indústrias correlatas fornecendo as exportações necessárias para pagar os bens manufaturados importados. Os países que têm sido capazes de fazer isto – Dinamarca,*



*Canadá e Austrália se sobressaem em nosso conjunto – desenvolveram programas de P&D governamental em apoio a estas indústrias... embora a agricultura praticada e exploração de recursos naturais requeiram P&D, esta, comparada com a das indústrias de alta tecnologia, é de baixa intensidade.... pelo menos até certo ponto, o sistema de inovações de um país tende a ser moldado por fatores como o tamanho e a dotação de recursos naturais que afetam as vantagens comparativas” (Nelson, 2006: 438-9).*

Uma evidência da integração das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais é a discussão sobre os determinantes para o desenvolvimento da competitividade da indústria mineral na África do Sul:

*“A central role to the underlying domestic (minerals) resource base for generating competency and competitiveness... fostering of economic linkages... first, through the development of linkages upstream and downstream; second, through the development of a capital goods and service sector initially supporting and dependent on the resource based sector... and third, the migration of generic technologies from a developed capital goods and service sector to other high-tech industrial sectors – the lateral migration of technology” (Walter, 2006: 27-28).*

Fagerberg *et al* (2008) demonstrou que o sistema de inovação da Noruega tem sido dominado por inovações em indústrias baseadas em recursos naturais com características particulares, que diferem em vários aspectos dos casos normalmente estudados em indústrias de alta tecnologia e dependem basicamente da exploração comercial das oportunidades criadas por novos conhecimentos em indústrias estabelecidas ou mesmo em novas indústrias.

Por isso, o importante seria identificar o potencial inovativo das indústrias LMT existentes e explorar seu potencial de transformação das vantagens comparativas das indústrias baseadas em recursos naturais em vantagens competitivas propriamente ditas, como uma oportunidade para a inserção diferenciada nos mercados globalizados (Asheim e Coelen, 2005). O elemento mais importante na análise das cadeias produtivas não seria somente a acumulação do capital, deve-se atentar para os efeitos dos processos de inovação no aumento no Fator de Produtividade Total (FTP). As cadeias produtivas baseadas em recursos naturais podem ter intenso conteúdo tecnológico e alto potencial de crescimento – já que o fundamental é “não somente o que produzir, mas como isso é produzido” (Ferranti *et al*, 2002: 49).

Ferranti *et al* (2002) considera falsa a dicotomia entre a base de recursos naturais e a economia do conhecimento porque existe potencial para a incorporação de inovações tecnológicas e acumulação de competências, mas é necessário que haja aplicação do conhecimento, geração de capital humano e uma forte estrutura institucional comprometida no uso do *know-how* em recursos naturais e progresso tecnológico. Adicionalmente, o autor afirma que:

*“The vision that the manufacturing is special in terms of linkages regressive and progressive in chain, technological innovation and other possible externalities should be questioned ... the important thing is whether there is an enabling environment for the adoption of technologies ... increasingly focusing on national capacity of innovation”* (Ferranti *et al*, 2002: 5).

Isto significa que a adoção de uma trajetória de “especialização inteligente”, seria a mais promissora, baseando-se no fato de que encorajar o investimento em indústrias que complementem as atividades produtivas já consolidadas no país, ao invés de “tentar impor” padrões industriais (Foray *et al*, 2009: 03).

Ramos (1998) compartilha o argumento de que o desenvolvimento da América Latina e o Caribe, regiões com abundância em recursos naturais, dependerá fortemente da capacidade de se industrializar a partir de suas dotações iniciais, de forma que ocorra o desenvolvimento de atividades provedoras de insumos e equipamentos consolidando um “complexo produtivo maduro”. Isto significa uma ruptura em termos de trajetória de desenvolvimento industrial: não basta ser apenas um provedor de matérias-primas (recursos naturais), é necessário avançar na cadeia produtiva com a integração de novas atividades, principalmente com a geração de produtos de maior valor agregado. Em algumas regiões, como os Países Nórdicos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, o complexo produtivo eleva o valor agregado de suas atividades em função da capacitação em atividades produtivas mais complexas que demandam cada vez mais conhecimentos especializados fortemente relacionadas aos seus fornecedores:

*“De un complejo productivo aparentemente poco exigente tecnológicamente - como el complejo lácteo en Dinamarca - puede surgir una actividad tecnológicamente sofisticada, como es la fabricación de equipos y maquinaria, que hoy día constituye un cuarto de las exportaciones”* (Ramos, 1998: 13).

A transformação de indústrias isoladas em cadeias produtivas integradas a partir de recursos naturais trata de um processo de evolução gradativa, que implica no avanço em determinadas atividades críticas, como pode se observar no quadro abaixo.

**QUADRO 1.1. FASES DA TRANSFORMAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA EM UMA CADEIA PRODUTIVA INTEGRADA**

|                     | <b>FASE I</b>                   | <b>FASE II</b>                                                  | <b>FASE III</b>                                                                                            | <b>FASE IV</b>                                                           |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. EXPORTAÇÃO       | Recurso natural em estado bruto | Primeiro nível de processamento                                 | Processamento mais especializado (1º. e 2º. Nível)                                                         | Investimentos no exterior                                                |
| 2. INSUMOS          | Importados                      | Substituição de importações dos principais insumos para mercado | Exportação de insumos                                                                                      | →                                                                        |
| 3. MÁQUINAS         | Importadas (assistência local)  | Produção baixa com licenciamento para mercado nacional          | Exportação de máquinas nacionais a mercados menos sofisticados e desenvolvimento de equipes especializadas | Exportação de máquinas de todos os tipos para mercados mais sofisticados |
| 4. ENGENHARIA       |                                 |                                                                 |                                                                                                            |                                                                          |
| Produção            | Semi-importada                  | Nacional                                                        | Nacional                                                                                                   | →                                                                        |
| Desenho de projetos | Importado                       | Parcialmente nacional                                           | Nacional                                                                                                   | Exportação                                                               |
| Consultoria         | Importada                       | Parcialmente nacional                                           | Nacional com exceção de algumas especificidades                                                            |                                                                          |

Fonte: Ramos, 1998.

A questão não é simplesmente tornar-se um país exportador de *commodities*, mas também desenvolver a cadeia produtiva integrada localmente, buscando um maior potencial de agregação de valor em segmentos específicos e acumulando competências tecnológicas. Para isso, devem ser definidas estratégias e iniciativas específicas de política industrial, a fim de explorar as vantagens existentes e prospectar novas oportunidades tecnológicas mundiais, como ilustram as experiências internacionais de sucesso que serão examinadas no próximo capítulo.

#### **1.4. O papel estratégico do setor de bens de capital para integração de cadeias produtivas e desenvolvimento industrial**

A discussão sobre o desenvolvimento de cadeias produtivas conduz a uma avaliação mais detalhada sobre os encadeamentos para frente (cadeia a jusante) e para trás (cadeia a montante) promovidos pelo setor selecionado com as demais atividades econômicas, ou seja, com a

estrutura industrial em sua totalidade. Isto significa avaliar a capacidade desta indústria em induzir atividades e surtir efeitos em outros setores econômicos, os *backward e forward linkages*. A discussão sobre o potencial dos encadeamentos nas cadeias produtivas não é recente e remete a clássicos da literatura como Hirschman (1961). O autor examina os efeitos da demanda entre determinadas cadeias produtivas, ou seja, dos efeitos resultantes da atuação nos setores, os quais são chamados de Atividades Diretamente Produtivas (ADP):

*“A entrada-provisão procura sua derivada, ou efeito em cadeia retrospectiva, isto é, cada atividade econômica não-primária induzirá tentativas para suprir através da produção interna, os inputs indispensáveis àquela atividade... produção-utilização, ou efeito em cadeia prospectiva, ou seja, toda atividade que, por sua natureza, não atenda exclusivamente às procuras finais, induzirá a tentativas de utilizar a produção como inputs em algumas atividades novas”* (Hirschman, 1961: 155-6).

Os encadeamentos podem ser identificados nestas relações de interdependência entre as atividades econômicas da estrutura industrial, seja através das compras de insumos de outros setores (cadeia retrospectiva), ou com as vendas a outros setores (cadeia prospectiva). O poder de indução de encadeamentos das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais é ainda mais importante para os países em desenvolvimento, diante do seu efeito em outros setores industriais. Por isso, identificar o potencial dos encadeamentos produtivos é um aspecto fundamental na análise de desenvolvimento industrial de determinadas cadeias produtivas, como aquelas baseadas em recursos naturais e, particularmente, do setor sucroalcooleiro, estudo de caso deste trabalho. Diante disso, houve a necessidade de centralizar os esforços da pesquisa em um elemento decisivo na determinação dos encadeamentos nas cadeias produtivas: o setor de bens de capital, ou seja, focar a análise da pesquisa nos fornecedores locais de máquinas e equipamentos das cadeias baseadas em recursos naturais avaliadas neste trabalho.

O setor de bens de capital é reconhecido pelo seu caráter estratégico, por diferentes abordagens. Rosenberg (1963) realizou um estudo histórico pioneiro sobre o setor de máquinas-ferramentas, identificado como fundamental na industrialização dos EUA, diante do seu papel na introdução e difusão da mudança tecnológica. Embora o autor reconheça que este processo seja multidimensional, dois elementos são fundamentais e semelhantes. Primeiro, a maioria das inovações requer que o setor de bens de capital implemente um novo produto de acordo com determinadas especificações, o que envolve, de certa forma, um processo de customização

decorrente desta adaptação “externa” ao setor. O segundo elemento é intra-industrial, na medida em que os investimentos do setor revelam também uma expansão do investimento agregado na economia, um incremento na taxa de inovação e uma redução nos custos de produção. O estudo ainda evidenciou o papel de transformação exercido pelo setor uma vez que novas habilidades e técnicas foram desenvolvidas e o setor foi um centro de transmissão de novas capacidades e técnicas para o restante da economia, diante do seu envolvimento nos processos de aprendizado. Além disso, o “ritmo da industrialização foi determinado, em grande medida, pela velocidade com que o conhecimento técnico foi difundido a outros setores econômicos”, já que a maioria das máquinas apresentava um conjunto de problemas semelhantes que demandavam habilidades também similares para sua superação (Rosenberg, 1963: 418).

O papel do setor de bens de capital no crescimento econômico da América Latina também foi detalhado pelo economista cevalino Fernando Fajnzylber (1983) em sua discussão sobre o “caráter trunco” da industrialização:

*“Em América Latina, em cambio, la proteccion amparaba una reproduccion indiscriminada pero a escala pequena, de la industria de los países avanzados, trunca en sua componente de bienes de capital, liderada por empresas cuya perspectiva a largo plazo era ajena a las condiciones locales y cuya innovacion no solo se efectuaba principalmente en los países de origen sino que, además, era estrictamente funcional a sus requerimientos....en el caso de los países europeos pequenos – como Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia – en que se observa una ventaja comparativa dinamica há provenido del esfuerzo de innovacion tecnológica asociado a la extraccion, procesamiento, transporte, empaque y distribucion de esos productos” ( Fajnzylber, 1983: 182-3).*

A partir do exame dos *superávits* comerciais dos países desenvolvidos com relação à América Latina. O autor identifica a importância do setor de bens de capital, por meio das suas evidências nas exportações dos países *superavitários* e nas importações dos *deficitários*. Diante disso, considera que existe uma forte correlação entre o padrão de desenvolvimento tecnológico do setor de bens de capital e as características da industrialização na América Latina nas últimas décadas, uma vez que o setor é um indicativo da capacidade de incorporação de inovações tecnológicas na estrutura industrial. Desta forma, sugere algumas iniciativas para superar a “debilidade” do setor de bens de capital e criar um “núcleo endógeno de progresso técnico”, articulado com a estrutura industrial local.

Diante dessas várias constatações, o setor de bens de capital é tido como um importante difusor da mudança técnica, catalisador de inovações e propulsor de aumentos na produtividade industrial porque participa intensamente dos fluxos inter-setoriais de tecnologia (Erber, 2000; Araujo, 2009). Além disso, a indústria de bens de capital é tida como propulsora do desenvolvimento econômico pelo seu caráter sistêmico, tanto como um setor criador de capacidades produtivas como também indutor do progresso tecnológico (Nassif, 2007). Acha *et al* (2004) argumenta que o setor seria a “porta de entrada” da tecnologia no sistema econômico e propõe uma nova metodologia para estimar o percentual/valor adicionado por esses “sistemas produtivos complexos” desenvolvidos a partir das atividades das indústrias de bens de capital. Os autores concluem que a indústria de bens de capital é uma atividade econômica de importância fundamental, já que possui padrões específicos de inovação, produção e competição.

O setor é visto também como estratégico porque é a principal dimensão do investimento produtivo, capaz de representar as expectativas empresariais e sendo também portador de conhecimento (Vermun, 2003):

*“A evolução do mercado de máquinas e equipamentos encontra-se diretamente relacionada à variável investimento e aos fatores que influenciam o estado de expectativas empresariais. Uma situação macroeconômica de relativa instabilidade, ao gerar incertezas quanto ao futuro, inibe o mercado de bens de capital. O mesmo em relação à política econômica e à regulação dos mercados... Por ser uma indústria estratégica, a estruturação da produção de bens de capital deve se dar de tal forma a não comprometer o desenvolvimento econômico. Ou seja, parcelas da indústria de bens de capital devem ser internalizadas para que o país não se torne absolutamente dependente das importações, o que seria um problema em momentos de restrição externa ao crescimento, tão comuns em países como o Brasil” (Vermun, 2003: 04-05).*

A indústria de bens de capital é frequentemente selecionada como prioridade de política industrial, em função do seu papel como difusor do progresso tecnológico, pelos seus efeitos de geração de encadeamentos produtivos para trás e para frente e, por último, pelo seu potencial como um multiplicador na economia. Esse efeito como multiplicador significa que com a internalização deste setor há um efeito nos gastos autônomos da economia, com a expansão do mercado interno e, por consequência, um incremento na geração de emprego e de renda (Alem e Pessoa, 2005). Diante da complexidade e diversidade das atividades que podem ser incluídas na indústria de bens de capital, há várias classificações para descrever os padrões deste setor

industrial. Na tipologia de Pavitt (1984) o setor de bens de capital é classificado como dominado pelos fornecedores e também intensivo em produção com fornecedores especializados de acordo com os segmentos intra-setoriais. A indústria pode ser dividida em dois grande grupos, de acordo com as especificações técnicas do processo produtivo e os determinantes da competitividade, em: equipamentos seriados e equipamentos fabricados sob encomenda. Enquanto os primeiros estão relacionados à escala de produção, sem grandes especificidades dos compradores, os últimos são associados à tecnologia do processo de produção e fabricados segundo as necessidades de determinado comprador. Com relação à competitividade, os bens seriados dependem da escala de produção enquanto que os fabricados sob encomenda sustentam-se pelas economias dinâmicas (como o aprendizado) e agregação de valor a partir do relacionamento com seus clientes. (Alem e Pessoa, 2005; Araujo, 2009).

#### **1.4.1. A competitividade da indústria brasileira de bens de capital**

Na indústria brasileira de bens de capital é possível identificar uma ampla heterogeneidade setorial, tanto em termos de produtos (já que variam segundo a finalidade, meio de controle e funções), como também em termos de empresas. Cada vez mais o ativo estratégico se torna a engenharia de produto, entretanto este elemento não possui tanta importância para os bens de capital seriados, aqueles tecnologicamente mais maduros. Neste caso, é a engenharia de processo e a escala de produção que assumem importância, já que a concorrência ocorre pelo preço do produto. O setor de bens de capital é extremamente complexo, por isso dificilmente algum país é capaz de dominá-lo em todos os seus segmentos (Vermum, 2003).

Embora exista essa ampla heterogeneidade, pode-se notar que os esforços tecnológicos da indústria de bens de capital estão diretamente relacionados com as expectativas dos diferentes setores industriais sobre o desempenho da economia brasileira. Nessas relações produtivas e tecnológicas, que conectam a dinâmica do setor às demais atividades industriais, o aprendizado gerado por meio dos mecanismos de *learning-by-doing* e *learning-by-searching* (com o desenvolvimento de pesquisas internas ou parcerias para novos produtos e processos) torna-se um elemento fundamental. A estratégia de engenharia reversa também tem sido amplamente adotada pelas empresas produtoras de bens de capital mecânicos. As inovações tecnológicas incrementais tem sido incorporadas na estratégia das firmas do setor para sustentar sua dinâmica competitiva,

sendo que o ritmo de incorporação delas depende das características das empresas compradoras de máquinas e equipamentos, diante do fluxo da demanda para reposição (Avellar, 2005).

Um dos maiores obstáculos para o incremento da competitividade do país no setor de bens de capital são as fragilidades em termos de escala de produção, além do fato de ter enfrentado um processo de reestruturação industrial nos anos 1990, visando um aumento da eficiência produtiva. Mas ainda permanecem importantes desafios, como expandir a escala produtiva (o que também dificulta o acesso aos financiamentos disponíveis), difundir e normatizar a Tecnologia Industrial Básica (TIB), melhorar a estrutura de pós-venda e assistência técnica e, principalmente, superar as deficiências nas capacidades inovativas já que os componentes de maior conteúdo tecnológico ainda são pouco produzidos no Brasil (Araujo, 2009; Alem e Pessoa, 2005; Vermum, 2003; Resende e Anderson, 1999).

Dentre as ações para superar este *gap* tecnológico entre a indústria de bens de capital no Brasil e no exterior, podemos destacar: i) aumentar os investimentos em P&D; ii) expandir a escala para promover um aumento da eficiência nas unidades produtivas; iii) ampliar o financiamento disponível para investimentos; e, i) coordenar dos investimentos estrangeiros para garantir maiores transferências e transbordamentos tecnológicos para a indústria local (Nassif, 2007).

No desenvolvimento de cadeias produtivas integradas a contribuição dos fornecedores tem sido discutida há décadas, mas permanece relevante nas pesquisas sobre capacitação tecnológica diante de sua influência no desenvolvimento da indústria local. Quanto maior for o ritmo de desenvolvimento tecnológico do setor de bens de capital, provavelmente maior será o progresso técnico em outros setores e, conseqüentemente, para a totalidade da estrutura industrial.

O setor também é considerado estratégico no Brasil por três elementos principais: a) pela sua presença histórica na estrutura industrial do país, mesmo tendo sofrido graves pressões competitivas dos últimos anos; b) pela sua elevada capacidade de geração de empregos, tanto diretos como indiretos; c) pela sua estrutura patrimonial diversificada, que contém empresas de capital nacional e internacional de variados portes. Há indícios de um esgotamento de sua capacidade autônoma de dinamizar investimentos, o que significa que a demanda se consolida como o principal elemento promotor dos investimentos e existem várias oportunidades associadas à sua expansão como a ampliação da infraestrutura local.



### **1.5. O papel dos fornecedores no processo de capacitação tecnológica em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais**

Diante da importância do setor de bens de capital para a geração de *spillovers* e encadeamentos industriais e tecnológicos na totalidade da indústria, torna-se fundamental examinar o processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais.

A literatura que analisa o processo de desenvolvimento a partir de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais percorre duas abordagens distintas, mas complementares. A primeira fundamenta-se na história econômica, ao compreender os fatos determinantes da transformação do setor em uma atividade manufatureira. A segunda abordagem trata o crescimento e desenvolvimento do país como uma função de sua habilidade de aprender e construir capacidades por meio dos investimentos em capital humano, instituições sólidas e infraestrutura (Lorentzen, 2008). Neste trabalho adotaremos esta abordagem evolucionista, de caráter multidisciplinar, com foco nos mecanismos e processos de aprendizado, considerando que a capacitação tecnológica dos fornecedores é um elemento-chave para o desenvolvimento de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais. Na teoria evolucionista, o conceito de *path-dependence* (“dependência da trajetória”) torna-se um elemento importante no processo de capacitação tecnológica dos fornecedores porque remete à influência da interação de vários fatores históricos e estruturais na trajetória de mudança tecnológica dos agentes e instituições (Dosi e Nelson, 1994).

A capacitação tecnológica pode ser definida como a habilidade dos fabricantes de máquinas e equipamentos em promover um incremento constante no estoque de conhecimento, explorar esses conhecimentos e transformá-los em competências tecnológicas para viabilizar a inovação em seus produtos e processos (Dahlman & Westphal, 1982). Neste trabalho a capacitação tecnológica é vista como um processo dinâmico, capaz de gerar o acúmulo de um conjunto de competências nas empresas e instituições, sendo influenciada por diversos fatores, como aspectos culturais, econômicos e sociais, os quais condicionam a realidade do sistema de forma dinâmica e reforçam o caráter sistêmico deste processo. Desta forma, a capacitação diz respeito às “habilidades, experiências e esforços que permite que as empresas de um país adquiram, utilizem, adaptem, aperfeiçoem e criem tecnologias com eficiência” (Lall, 2005: 26).

Entretanto, reconhece-se que paulatinamente a capacidade de inovação está cada vez menos na habilidade de novos princípios tecnológicos e mais na habilidade de explorar o conhecimento existente (Foray, 2004). Isto significa que a *path-dependence* é um determinante no processo de

capacitação tecnológica, podendo resultar tanto em oportunidades como também em limitações. Para superar as fragilidades da *path-dependence* do desenvolvimento de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, a capacitação tecnológica dos fornecedores torna-se um elemento crítico para enfrentar os gargalos de competitividade.

A partir da perspectiva de que as capacidades tecnológicas acumuladas nos fornecedores de máquinas e equipamentos do setor de bens capital podem se tornar um meio de difusão para a totalidade da indústria e de que existem diversos, complexos e interdependentes mecanismos de aprendizado tecnológico nas relações entre os agentes do Sistema Nacional de Inovação, iremos adotar a perspectiva **dinâmica da interação usuário-produtor**, como proposto por Lundvall (1985, 2004, 2009). Nesta visão a inovação é entendida como um processo dinâmico, capaz de gerar aprendizado a partir da interação entre usuários e produtores, envolvendo um fluxo de conhecimentos e ativos, tangíveis e intangíveis, delimitando uma troca de informações específica. Existe entre o usuário e o produtor uma interdependência sistêmica, por isso surge um código de conduta peculiar para a redução dos custos transacionais, que envolve também um processo de capacitação tecnológica. O processo de mudança tecnológica é bastante distinto do fluxo da produção. Enquanto a produção envolve atividades de rotina, em um processo repetitivo, a mudança tecnológica, que resulta na inovação, consiste em um processo cumulativo de inovações incrementais ou saltos tecnológicos, em que a criatividade é fundamental, marcada por uma “colisão entre a oportunidade técnica e as necessidades dos usuários”. Por isso, a interação usuário-produtor é tão importante nesse processo. Nesta interação mútua são criadas capacidades tecnológicas específicas a partir da 1) troca de produtos, 2) troca de informações e da 3) cooperação direta, em que a estabilidade do relacionamento gera normas, princípios, confiança e determinadas hierarquias. O produtor depende do usuário para monitorar as suas necessidades e utilizá-las como um insumo para as suas inovações de processo, sendo capaz de gerar tecnologias, com conhecimentos e habilidades, os quais foram criados a partir dos processos de *learning-by-doing* e *learning-by-using*. Neste contexto, o produtor irá monitorar o processo de inovação com os usuários, se este for bem sucedido, o produtor pode se apropriar disso e apresentar a outros usuários como uma inovação de produto (Lundvall, 1985: 09).

Por outro lado, o usuário é reconhecido pelo seu maior grau de profissionalização e torna-se parte importante do processo de mudança técnica. Esta dependência do usuário reside na busca permanente por informações necessárias para adotar e adaptar as inovações de produto. Desta

forma, “*the user will also be engaged in a (more or less intensive) search for information about new technical opportunities which can result in a better performance*” (Lundvall, 1985: 09).

Portanto, a interação usuário-produtor pode ser sintetizada em alguns elementos críticos no processo de inovação: 1) as inovações geradas juntamente aos usuários podem ser apropriadas pelos produtores e representam um mercado potencial, o que justifica os incentivos para que haja o seu monitoramento; 2) as inovações de produto dos usuários provavelmente irão exigir novas demandas de equipamentos para os produtores; 3) o conhecimento produzido com *learning-by-using* só poderá ser transformado em novos produtos se houver contato direto entre produtores e usuários; 4) os gargalos e as interdependências tecnológicas representam mercados potenciais para os produtores inovadores e, por último 5) o produtor pode se interessar pelo monitoramento das competências e pelo aprendizado dos usuários com o objetivo de estimar sua capacidade de de adaptação a novos produtos (Lundvall, 2009: 352).

A partir desta relação mútua de dependência surgem incentivos para que haja a troca de informações e a cooperação entre usuários e produtores, o que possibilita uma nova perspectiva de análise a partir dos fluxos de aprendizado e do conhecimento gerado para a capacitação tecnológica destes fornecedores, que pode ser aplicada em várias atividades industriais, inclusive nas cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais.

#### **1.5.1. Capacitação tecnológica de fornecedores em cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais**

O papel dos fornecedores no desenvolvimento de indústrias baseadas em recursos naturais foi o objetivo do estudo de Fuchslocher (2010). O autor argumenta que os aspectos negativos do desenvolvimento a partir de recursos naturais (como a maldição dos recursos naturais, a doença holandesa e o reduzido número de encadeamentos produtivos) puderam ser superados na trajetória dos países Nórdicos, Canadá, Nova Zelândia e Austrália, por vários elementos. Nestes países há estudos empíricos que demonstram a existência de fornecedores locais intensivos em tecnologia e serviços especializados em conhecimento. Diante disso, o autor propõe a classificação dos fornecedores de máquinas e equipamentos em 2 grupos: os intensivos em tecnologia (*technology intensive*) e os intensivos em trabalho (*labour intensive*), sendo que somente os primeiros seriam capazes de gerar serviços especializados e intensivos em conhecimento, elemento crítico para que existam cadeias produtivas baseadas em recursos

naturais, como pode ser evidenciado na trajetória da indústria florestal da Finlândia e do setor de atividades de salmão no Chile. Por meio destes fornecedores intensivos em tecnologia seria possível garantir o aumento do conteúdo tecnológico nestas cadeias produtivas baseadas em recursos naturais. No entanto, a identificar e caracterizar os fornecedores intensivos em tecnologia não é algo trivial, por isso o autor propõe um modelo analítico para examinar o desenvolvimento destes fornecedores considerando os fatores internos no nível da indústria, no nível da firma e no nível da política industrial, como sintetiza o quadro 1.2. abaixo.

**QUADRO 1. 2. DETERMINANTES DO DESENVOLVIMENTO DOS FORNECEDORES INTENSIVOS EM TECNOLOGIA EM CADEIAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS**

| <i>Nível da Indústria</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Nível da Firma</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Nível da Política Industrial</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda (tamanho, crescimento, efeito cumulativo em outras atividades econômicas, maturidade tecnológica e posicionamento frente aos potenciais fornecedores internacionais);</li> <li>- Estrutura (elevada concentração e instabilidade em favor da inovação e Aumenta o poder de barganha dos fornecedores)</li> <li>- Concentração geográfica (influência na redução dos custos de transporte, <i>spillovers</i> tecnológicos, elevada especialização e institucionalização do papel dos compradores, dentre outros)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Competitividade adquirida (recursos internos e capacidades – tecnológicas, organizacionais e administrativas, dentre outras)</li> <li>- Capacidade de absorção (conhecimentos e convertê-los em aprendizado produtivo)</li> <li>- Estratégia (gerencial, esforço de P&amp;D, profissionalização, cooperação, empresarial, locacional e especialização de mercado)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- PME (inovação, venture capital, <i>start-ups</i>, promoção de exportações, treinamento, tecnologia e transferência de informações)</li> <li>- Encadeamentos setoriais (promoção da região, coordenação, relação com setores dinâmicos e estratégicos, incentivos fiscais)</li> <li>- Indústria nascente (subsídios, investimentos em infra-estrutura, construção de capacidades, financiamento de P&amp;D e suporte tecnológico, dentre outros).</li> </ul> |

Fonte: Fuchslocher, 2010: 272

A capacitação tecnológica dos fornecedores em cadeias produtivas de indústrias baseadas em recursos naturais é vista como uma oportunidade emergente para países em desenvolvimento, como destacado por Perez (2010) anteriormente. Entretanto, o processo de capacitação tecnológica dos fornecedores dessas cadeias produtivas também envolve a intensificação da

produção do conhecimento nessas atividades. Esse processo de intensificação do conhecimento em indústrias baseadas em recursos naturais é descrito por Lorentzen (2008) em quatro fases:

- Melhoria dos processos produtivos: melhoria dos processos produtivos por meio do uso de algumas tecnologias;
- Beneficiamento *downstream*: aplicação de conhecimentos nos elos para trás da cadeia produtiva por meio de inovações de produtos ou processos;
- Desenvolvimento de indústrias relacionadas da cadeia produtiva (input, *upstream* ou *dowstream*): integração da cadeia produtiva, nos elos para trás e para frente, a partir das inovações em produtos;
- Migração lateral: conhecimento ou capital ou bens/serviços gerados na indústria baseada em recursos naturais atingem elevado grau de complexidade e intensidade do conhecimento, o que possibilita que sejam aplicados em outras atividades econômicas, não relacionadas à exploração dos recursos. Isso significa que embora a intensidade dos recursos tenha sido reduzida proporcionalmente, ela continua existindo mas agora com um novo caráter em função dos conhecimentos acumulados. Em outras palavras, essa fase consolida um *spillover* de conhecimento porque uma atividade específica baseada em recursos naturais acaba sendo aplicada em outras áreas através da interação entre a base de conhecimento e os recursos existentes.

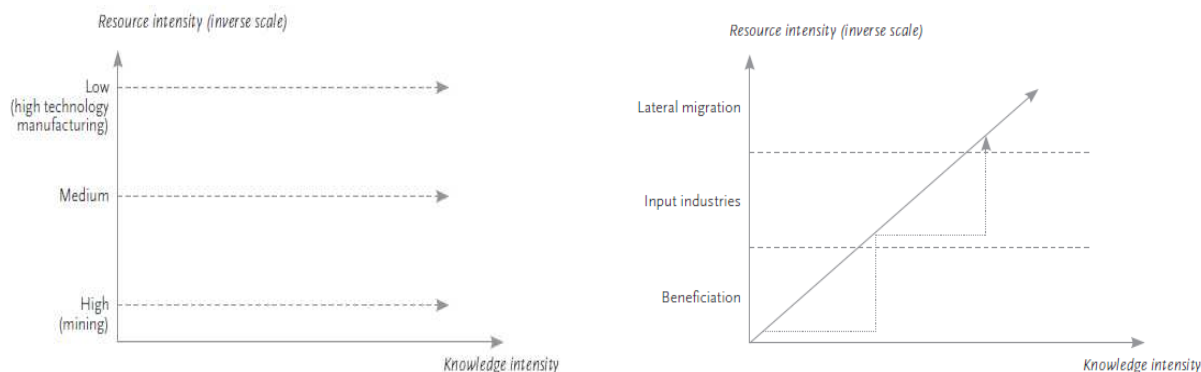
O interessante dessa abordagem é discutir as possibilidades a partir da evolução das cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais, considerando que fator crítico para o sucesso depende fortemente do processo de capacitação tecnológica existente:

*“How much economically useful coal or oil a country has is itself a function of its ability to search for and then extract reserves. This ability, in turn, depends on the technological capability of the country, particularly the relevant sectors. In periods of high commodity prices, technological opportunities emerge that would not have been feasible under other circumstances. Expressed differently, the natural resources that a country has depend not only on what occurs underground or grows on trees but on how smartly the country sets about looking for and extracting value from such resources”* (Lorentzen, 2008: 15).

Isto significa que a partir de um recurso natural é possível ampliar a base de conhecimentos e desenvolver uma variedade de aplicações industriais e novas competências tecnológicas. O

elemento mais importante no processo de intensificação do conhecimento é a existência de um processo gradual de integração entre o acúmulo de conhecimentos (economia do conhecimento – visto no eixo da intensidade do conhecimento) e os recursos naturais disponíveis (indústria baseada em recursos naturais – ilustrado no eixo intensidade dos recursos, em escala inversa). Este argumento é ilustrado nos gráficos abaixo que realizam uma comparação entre a co-existência (a) e a co-evolução (B) destas variáveis, sendo que a principal diferença nas duas trajetórias é a interação entre elas. No primeiro caso, da co-existência da intensidade de conhecimento e dos recursos naturais, as trajetórias tecnológicas de cada setor ocupam espaços paralelos. Desta forma, a intensidade dos recursos naturais não influi na trajetória tecnológica de um setor de alta tecnologia, que inicia e termina o processo sem utilizar-se e integrar-se com os recursos naturais. Já no segundo caso, da co-evolução, a trajetória tecnológica resulta na intensificação do conhecimento nos recursos naturais existentes. A co-evolução reflete as possibilidades de intensificação do conhecimento em indústrias baseadas em recursos naturais, que, ao passar pela trajetória das quatro fases mencionadas, pode apresentar um conteúdo tecnológico tão importante quanto o encontrado nas indústrias de alta tecnologia.

**FIGURA 1. 4. CO-EXISTÊNCIA (A) VERSUS CO-EVOLUÇÃO (B) ENTRE RECURSOS NATURAIS E A ECONOMIA DO CONHECIMENTO**



Fonte: Lorentzen, 2008: 16.

Diante dos elementos apresentados neste primeiro capítulo, podemos sintetizar a discussão sobre cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais e a capacitação tecnológica dos fornecedores no quadro a seguir. De maneira geral, os autores consideram que o potencial de desenvolvimento industrial a partir de atividades baseadas em recursos naturais não é um

processo natural e/ou automático e requer a acumulação de determinadas competências científicas e tecnológicas para que haja a geração de conhecimentos, daí a necessidade de políticas públicas apropriadas para iniciar este processo e romper com os entraves estruturais característicos dessas atividades. As vantagens comparativas e as competências existentes também devem ser um elemento importante na seleção das prioridades de política industrial para o desenvolvimento econômico, como sugere Foray (2009) com o conceito de “especialização inteligente” e Smith (2005), que defende também a promoção de um aumento do conteúdo tecnológico nas atividades existentes. O potencial de criação de cadeias produtivas integradas, com potencial de encadeamentos nas demais atividades econômicas é discutido por Lorentzen (2008) e Walter (2006). A intensificação do conhecimento é elemento central da proposta de Lorentzen (2008) e o último estágio de seu desenvolvimento seria a “migração lateral do conhecimento”, em que o conhecimento gerado na indústria de recursos naturais seria aplicado em outras atividades produtivas. Já Walter (2006) prioriza a integração da cadeia produtiva com a conexão da indústria de recursos naturais com outros setores econômicos, como bens de capital e serviços, que resultaria na “migração lateral da tecnologia”, em um conceito bastante próximo ao proposto anteriormente por Lorentzen (2008). Pode-se considerar que a fragilidade desses últimos autores esteja na carência de um maior detalhamento sobre os pré-requisitos para a identificação deste último estágio de desenvolvimento industrial e tecnológico, denominado “migração lateral”. No entanto, pode-se perceber que ambos os autores referem-se à aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos em outras áreas e atividades econômicas, o que demonstraria a ampliação do potencial das indústrias de recursos naturais com trajetórias positivas de desenvolvimento industrial.

**QUADRO 1. 3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL E PADRÃO INOVATIVO EM CADEIAS PRODUTIVAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS SEGUNDO DIFERENTES ABORDAGENS**

| <b>Autores</b>   | <b>Argumento central de política industrial</b>                                                                                                                                                       | <b>Estratégia para a cadeia produtiva</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Padrão Inovativo</b>                                                                                                                               | <b>Papel do setor de bens de capital</b>                                                             | <b>Exemplos</b>                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Foray (2009)     | “Especialização inteligente”<br>Não adianta tentar “impor” os padrões de especialização industrial aos países, é mais adequado seguir o processo natural de descoberta e aprendizado do setor privado | Desenvolvimento de “ <i>General Purpose Technologies</i> ” (GPT)<br>Incentivo à propagação horizontal com complementariedade entre inovação e invenção<br>O potencial das GPT varia de acordo com a base de conhecimento existente na indústria                                                                                                                                                                      | Co-invenção de aplicações específicas                                                                                                                 | Não discutido                                                                                        | Biotechnology aplicada à exploração de recursos naturais<br>Nanotechnology aplicada ao controle de qualidade do vinho                                                 |
| Lorentzen (2008) | Intensificação do conhecimento em economias baseadas em recursos naturais                                                                                                                             | Intensificação do conhecimento para explorar o aprendizado tecnológico e incremento <i>tecnológico</i> , nas seguintes etapas:<br>1. Melhoria do processo de produção<br>2. Beneficiamento a jusante<br>3. Desenvolvimento de indústrias a jusante ou a montante<br>4. Migração lateral do conhecimento (capital, conhecimento e serviços aplicados em outras áreas, não relacionadas com a exploração dos recursos) | Aumento do conteúdo de conhecimento e desenvolvimento de aplicações e inovações ao longo da cadeia produtiva                                          | Incremento do conteúdo de capital para desenvolvimento das indústrias a jusante e a montante         | A intensificação do conhecimento é aplicada na cadeia das <i>commodities</i> agrícolas para desenvolver uma variedade de aplicações industriais em novas competências |
| Walter (2006)    | Integração produtiva para geração de competências tecnológicas e competitividade em indústrias baseadas em recursos naturais                                                                          | Maximização do potencial econômico das indústrias baseadas em recursos naturais, nas seguintes etapas:<br>1. Desenvolvimento de conexões com indústrias a jusante e a montante<br>2. Desenvolvimento de setor de bens de capital e serviços para suporte à indústria baseada em recursos naturais (o qual posteriormente poderia se tornar independente)<br>3. Migração lateral da tecnologia:                       | Aumento do valor adicionado nos produtos, desenvolvimento de determinadas aplicações e inovações incrementais em processos resultantes do processo de | Elemento crítico em uma das etapas para dar suporte à base da indústria baseada em recursos naturais | Indústria mineral na África do Sul                                                                                                                                    |



|                         |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |                                                            |               |                                                                                             |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                                                                                          | aplicações de tecnologias genéricas relacionadas inicialmente à indústria de recursos naturais sendo aplicadas em outros setores de “alta tecnologia”.                                                                                      | “learning-by-doing”                                        |               |                                                                                             |
| Smith & Jonathan (2005) | Foco na criação de novas indústrias e <i>no</i> aumento do conteúdo tecnológico em indústrias e serviços | As indústrias LMT têm maior participação relativa e “pervasividade”, por isso a base de conhecimento está dispersa entre os setores, sendo que a variedade também é importante para a criação de conhecimento e acumulação de competências. | Conhecimentos e inovações dispersos nas cadeias produtivas | Não discutido | Indústria de vinhos e de alimentos da Austrália possui baixa P&D mas há avanços científicos |

Terminologia:

A jusante: elos industriais mais próximos dos bens finais da cadeia produtiva.

A montante: elos industriais mais próximos dos insumos da cadeia produtiva.

Fonte: Elaboração da autora a partir da revisão bibliográfica.

Na análise deste trabalho serão adotados alguns conceitos, que embora sejam amplamente discutidos na literatura e tenham sido debatidos neste primeiro capítulo, devem ser definidos de acordo com a nomenclatura e o propósito deste trabalho, tais como:

- Atividades produtivas: atividades agrícolas ou industriais associadas à produção de determinado bem e/ou serviço;
- Cadeia produtiva: conjunto de atividades produtivas, de diferentes atividades econômicas, relacionadas entre si para a produção de determinado bem ou serviço. No caso da indústria sucroalcooleira a cadeia produtiva envolve desde as atividades agrícolas de plantio até a distribuição dos produtos (açúcar, etanol, energia elétrica e novos produtos) aos consumidores finais. Embora este seja o conceito adotado, na análise do estudo de caso da tese, nem todos os elos da cadeia produtiva serão analisados já que o foco são as atividades tecnológicas desenvolvidas pelo setor.
- Capacitação tecnológica: processo dinâmico, capaz gerar o acúmulo de um conjunto de competências nas empresas e/ou instituições, por meio do desenvolvimento de habilidades, esforços e experiências que resultam na aquisição, adaptação e aperfeiçoamento de tecnologias (Lall, 2005).
- Atividades tecnológicas e/ou inovativas: quaisquer atividades associadas ao esforço científico ou tecnológico que tem como objetivo a geração de inovações tecnológicas, tanto de caráter incremental quanto radical;
- Padrão inovativo: grupo de característica referentes às atividades destinadas à geração de inovações, semelhantes entre si, que podem ser identificadas de forma estrutural e repetitiva em uma atividade econômica ou grupo de indústrias;
- Encadeamentos produtivos e tecnológicos: *forward e backward linkages* com outras atividades industriais originados de uma específica atividade produtiva ou tecnológica (Hirschman, 1961).
- Transbordamentos tecnológicos: atividades tecnológicas decorrentes de forma não intencional na cadeia produtiva.

Diante disso, consideramos que objetivo deste capítulo foi demonstrar as possibilidades de desenvolvimento industrial a partir de cadeias produtivas integradas, sendo que a capacitação tecnológica dos fornecedores exerce um papel fundamental neste processo, particularmente nas

indústrias baseadas em recursos naturais. Reconhecemos que existem diversas fragilidades estruturais nas atividades LMT das indústrias baseadas em recursos naturais, mas a capacitação tecnológica dos fornecedores, com seus encadeamentos produtivos e *spillovers* para o restante da estrutura industrial seria capaz de reverter tais efeitos negativos e tornar-se uma oportunidade de desenvolvimento para setores industriais de países em desenvolvimento, como o Brasil.

Considerando tais possibilidades, o próximo capítulo irá discutir a trajetória bem sucedida de alguns países de desenvolvimento de cadeias produtivas integradas a partir de recursos naturais – Finlândia, Noruega e Austrália. Em cada um desses países observa-se uma evolução setorial diferente para o desenvolvimento da cadeia produtiva, sendo que a capacitação tecnológica dos fornecedores de máquinas e equipamentos é crítica para conduzir esse processo de diferentes formas. Em seguida, nos demais capítulos a análise trará como enfoque o estudo de caso deste trabalho, o setor sucroalcooleiro no Brasil e seu exame comparativo com o cenário observado nesses países.

## **Capítulo II. Cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais: lições a partir de experiências internacionais de sucesso**

### **Introdução**

O objetivo deste capítulo é examinar algumas experiências internacionais consideradas bem sucedidas, nas quais foi possível identificar tanto a capacitação tecnológica dos fornecedores locais como também a geração de conhecimentos críticos em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais. Tais elementos foram capazes de promover uma trajetória virtuosa de desenvolvimento por diferentes caminhos, sendo que a análise dessas trajetórias de desenvolvimento industrial evidencia alguns aspectos fundamentais que podem ser apreendidos e explorados para a experiência de países em desenvolvimento, como o Brasil.

Para cumprir seu objetivo, o capítulo está organizado em cinco seções. Além desta introdução, a primeira seção discute os critérios que nortearam a seleção da amostra de países, para, em seguida realizar a análise das experiências de cada um deles. A segunda seção analisa a trajetória de desenvolvimento tecnológico da indústria petrolífera da Noruega. A terceira trata da experiência da indústria do vinho na Austrália. A quarta seção examina a trajetória de desenvolvimento industrial do setor florestal na Finlândia. Por último, a quinta seção sintetiza alguns elementos convergentes que podem ser identificados na análise das experiências internacionais de sucesso e discute o papel do processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais observado no desenvolvimento industrial desses países.

### **2.1. Justificativa de seleção das experiências internacionais**

A integração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais pode se tornar uma trajetória virtuosa para países em desenvolvimento, desde que seja possível agregar valor localmente por diferentes caminhos e exista um processo de capacitação tecnológica dos fornecedores, diante do poder de difusão e dos *spillovers* para o restante da estrutura industrial. Essa trajetória virtuosa é entendida aqui como a capacidade de superação dos entraves estruturais existentes nas indústrias baseadas em recursos naturais, como já discutido no capítulo anterior. Além disso, é considerado “sucesso” quando observa-se uma taxa de crescimento elevada de determinada cadeia produtiva baseada em recursos naturais comparativamente ao restante da indústria, capaz de alcançar uma

inserção competitiva nos mercados internacionais por meio da agregação de valor local e de capacitação tecnológica dos fornecedores de máquinas e equipamentos, em diferentes graus, mas que sejam determinantes para a competitividade do setor.

Com o objetivo de examinar experiências bem sucedidas nesta trajetória de desenvolvimento industrial, foram identificados alguns países que apresentaram resultados positivos na integração de cadeias baseadas em recursos naturais e procurou-se identificar elementos críticos que possam ser aplicados a países em desenvolvimento.

A seleção das experiências internacionais foi pautada nos seguintes questionamentos: quais os países que conseguiram alcançar uma trajetória de desenvolvimento industrial de sucesso por meio da incorporação inovações tecnológicas em indústrias baseadas em recursos naturais? Em quais países as vantagens comparativas naturais tornaram-se vantagens competitivas por meio de inovações e políticas industriais fundamentadas? Estas cadeias baseadas em recursos naturais foram capazes de promover transbordamentos tecnológicos para as demais atividades econômicas? Que países conseguiram uma internalização da produção por meio da integração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais? Quais foram os determinantes nas trajetórias bem sucedidas destes países? Quais elementos podem ser dedicados a esforços para a intensificação do conhecimento e capacitação tecnológica dos fornecedores locais de países com recursos naturais abundantes?

Com o intuito de responder a essas questões, foi composta uma amostra de países, a partir dos seguintes critérios de seleção:

- Atividade econômica desenvolvida a partir de uma indústria baseada em recursos naturais;
- País tornou-se competitivo neste setor com uma inserção internacional expressiva em determinados nichos, a partir do desenvolvimento de suas vantagens comparativas iniciais;
- Há evidências da integração da cadeia produtiva “em blocos” (há indícios de desenvolvimento de encadeamentos produtivos para frente e para trás na cadeia);
- Há incorporação de inovações tecnológicas em processos e produtos de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais;
- Há um incremento do conteúdo tecnológico, considerado “pervasivo” por meio de criação de conhecimento em indústrias baseadas em recursos naturais (Smith, 2000);

- Evidencia-se um processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais e este se tornou um importante elemento de difusão para o restante da indústria;
- Surgem indícios de uma diversificação das atividades da cadeia produtiva baseada em recursos naturais com efeitos sobre outros segmentos da indústria do país.

O resultado foi a seleção de uma amostra composta por três países e suas respectivas atividades econômicas em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais:

1. Noruega – indústria de petróleo e gás natural;
2. Austrália – indústria do vinho;
3. Finlândia – indústria florestal.

A seguir, alguns dados para consolidar um panorama sobre os países que serão analisados, com suas similaridades e diferenças. Os dados abaixo ilustram algumas características dos países analisados: o Brasil é o maior em termos econômicos (PIB) e populacionais e a Noruega pode ser considerada um destaque em termos de gastos em pesquisa e desenvolvimento, já que a média de gastos em P&D como percentual do PIB é inclusive superior aos países da OECD. No entanto, embora sejam países tão diferentes, principalmente em termos de estágio de desenvolvimento econômico, o elemento comum entre eles que justifica a composição desta amostra é a capacitação tecnológica dos fornecedores e a construção de trajetórias positivas de desenvolvimento a partir de cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais. Por exemplo, embora a indústria do vinho seja uma indústria baseada em recursos naturais com atividades produtivas de caráter “artesanal” a partir da extração de uma fruta, a Austrália conseguiu desenvolver conhecimentos tecnológicos e um diferencial inovativo capaz de transformar essa atividade em uma indústria com inovações típicas dos setores de alta tecnologia. Nos demais casos, em diferentes setores essa experiência se replica em diferentes graus, sugerindo que o Brasil pode transformar suas vantagens comparativas em vantagens competitivas por meio da incorporação de conhecimentos tecnológicos em indústrias baseadas em recursos naturais.

**TABELA 2. 1. EVOLUÇÃO DE INDICADORES SELECIONADOS NOS PAÍSES DA AMOSTRA: POPULAÇÃO, PIB E EVOLUÇÃO DOS GASTOS EM P&D COMO % DO PIB ENTRE 1950 E 2008**

| População total - em milhares |        |        |         |         |         |         |
|-------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                               | 1950   | 1970   | 1980    | 1990    | 2000    | 2008    |
| Austrália                     | 8.179  | 12.507 | 14.695  | 17.065  | 19.153  | 21.016  |
| Finlândia                     | 4.009  | 4.606  | 4.780   | 4.986   | 5.176   | 5.307   |
| Noruega                       | 3.265  | 3.876  | 4.086   | 4.241   | 4.491   | 4.765   |
| Brasil                        | 53.975 | 95.989 | 118.563 | 149.094 | 171.279 | 189.612 |
| PIB - em milhões de US\$      |        |        |         |         |         |         |
|                               | 1960   | 1970   | 1980    | 1990    | 2000    | 2007    |
| Austrália                     | 25     | 57     | 151     | 296     | 525     | 795     |
| Finlândia                     | n.d.   | 15     | 43      | 89      | 133     | 184     |
| Noruega                       | n.d.   | 13     | 39      | 76      | 162     | 252     |
| Brasil                        | n.d.   | n.d.   | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 1.834   |
| Gastos em P&D como % do PIB   |        |        |         |         |         |         |
|                               | 1981   | 1990   | 1995    | 2000    | 2006    | 2008    |
| Austrália                     | 0,89   | 1,24   | n.d.    | 1,47    | 1,99    | 2,24    |
| Finlândia                     | 1,16   | 1,85   | 2,26    | 3,35    | 3,48    | 3,70    |
| Noruega                       | 1,17   | n.d.   | 1,69    | n.d.    | 1,48    | 1,58    |
| Brasil                        | n.d.   | n.d.   | n.d.    | 1,02    | 1,01    | 1,11    |

Nota: n.d.: dados não disponíveis.

Fonte: OECD Stat, IBGE e MCT.

**TABELA 2. 2. VALOR ADICIONADO NOS SETORES DOS PAÍSES DA AMOSTRA, EM ANOS SELECIONADOS, SEGUNDO O CRESCIMENTO ANUAL, EM %**

| Setor     | Agricultura |      |      |      |      | Indústria |      |      |      |      | Serviços |      |      |      |      |
|-----------|-------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|
| Período   | 1975        | 1985 | 1995 | 2005 | 2007 | 1975      | 1985 | 1995 | 2005 | 2007 | 1975     | 1985 | 1995 | 2005 | 2007 |
| Austrália | 8,3         | -2,7 | 23,2 | 2,9  | 8,3  | 0,3       | 4,2  | 2,7  | 2,3  | 3,5  | 1,3      | 4,8  | 3,9  | 3,3  | 4    |
| Finlândia | -3,3        | -3,1 | -3,8 | 3,7  | 16,6 | -1,4      | 3,5  | 2,8  | 3,4  | 8,4  | 3,3      | 3,8  | 4,6  | 2,4  | 2,8  |
| Noruega   | 1,4         | -9,4 | 6,7  | -4,4 | 8    | 8         | 3,6  | 5,3  | 0,5  | -1   | 5,1      | 5,6  | 2,8  | 3,9  | 5,7  |
| Brasil    | ..          | ..   | 5,7  | 0,3  | ..   | ..        | ..   | 4,7  | 2,1  | ..   | ..       | ..   | 3,2  | 3,7  | ..   |

Nota:.. dados não disponíveis. (1) Agricultura inclui setor florestal e pesca.

Fonte: OECD Stat.

Embora o valor adicionado não seja um indicador devidamente apropriado para mensurar a competitividade setorial das experiências selecionadas, grosso modo, sugere alguns elementos que podem auxiliar na análise qualitativa. O Brasil não pode ser considerado nesta amostra

porque os dados disponíveis não compõem a evolução da série, por isso, não retrata adequadamente a realidade brasileira. A Finlândia possui o maior valor adicionado na agricultura (2007), elemento provavelmente relacionado à competitividade da sua indústria madeireira. A Noruega apresenta o maior indicador de agregação de valor nos serviços em 2007, o que pode estar associado aos serviços de engenharia e prestação de serviços, de modo geral, às empresas petrolíferas do país. No caso da Austrália, este indicador não revelou nenhum elemento que possa estar associado à competitividade da indústria vinícola local.

## **2.2. Noruega: a indústria petrolífera**

### **2.2.1. Indústria de petróleo: limitações e potencial**

Embora o petróleo seja um recurso natural de alto valor e o principal insumo da matriz energética do mundo atual, muitas vezes o desenvolvimento da indústria de petróleo e gás natural (PGN)<sup>4</sup> é apontado como gerador de vários efeitos negativos em decorrência das suas atividades de exploração e produção, como a “doença holandesa” e a “maldição do petróleo”.

Além disso, a maior parte dos grandes produtos mundiais de petróleo tornou-se extremamente dependente desta atividade e não conseguiu desenvolver de forma estruturada as suas demais indústrias, tornando-se vulneráveis às oscilações de preços e vulnerabilidade estrutural, características da indústria petrolífera, como evidenciam os casos da Venezuela na América Latina e de vários países árabes.

A indústria petrolífera pode ser agrupada em dois grandes blocos: as atividades do *upstream* (exploração e produção) e as atividades do *downstream* (transporte, refino e distribuição), além de apresentar maturidade em termos de estrutura patrimonial e produtividade (Ruas, 2008). A indústria de PGN (segmento de produtos refinados de petróleo) é considerada como um setor de média-baixa tecnologia segundo a classificação da intensidade tecnológica da OECD. No entanto, em vários países, como Noruega e Brasil, este indicador mostra-se inadequado já que os gastos em P&D são superiores à média dos demais países.

A indústria petrolífera da Noruega foi amplamente divulgada na mídia brasileira por ter sido considerada um referencial para as alterações propostas no modelo regulatório das atividades de extração e produção de petróleo no Brasil diante das grandes descobertas na Bacia de Santos

---

<sup>4</sup> O foco da análise é a indústria petrolífera, mas, para contemplar o cenário setorial trataremos a indústria de petróleo e gás natural, referenciada aqui como PGN.



recentemente. Mas, embora o modelo regulatório seja amplamente reconhecido como uma experiência bem sucedida na Noruega, este não é o único elemento que explica os resultados positivos de PGN no país. Na realidade, o marco regulatório explica somente em parte, a trajetória de desenvolvimento industrial da indústria petrolífera norueguesa, sendo utilizado como um instrumento de política industrial.

### **2.2.2. Indústria de petróleo na Noruega: breve histórico e competitividade**

A Noruega enfrentou dificuldades com relação às atividades de PGN em virtude das suas condições atmosféricas, o que impulsionou o desenvolvimento de atividades científicas e uma maior especialização nessa área. No entanto, embora tenha havido um crescimento expressivo da indústria de PGN na década de 1980, surgiram indícios de estagnação pela maturidade dos campos do Mar do Norte. Esta preocupação acabou impulsionando a criação do Fundo Petrolífero Estatal Norueguês para garantir a estabilidade econômica e consolidar um fundo de poupança direcionado às gerações futuras. A indústria petrolífera é extremamente importante para a economia local: responsável por um terço do rendimento do Estado (dados de 2005) e pela geração de aproximadamente 80 mil empregos<sup>5</sup>, o que significa 3,5% do total de empregos na economia e 5% dos empregos privados no país. De acordo com o Ministério das Finanças, o setor petrolífero representa 25% do PIB nacional e mais de 50% das exportações. O aumento dos investimentos do setor referente a 1% do PIB, excluindo-se a produção de petróleo, por exemplo, se traduz em uma elevação do PIB, nas demais atividades, de 0,6% (IEDI, 2009), como ilustra a tabela abaixo.

---

<sup>5</sup> Fonte: <http://www.noruega.org.br/business/oil/oilgas.htm> (conforme acesso realizado em 10/04/2009).

**TABELA 2. 3. EFEITO DE UM AUMENTO NOS INVESTIMENTOS EM PETRÓLEO EQUIVALENTE A 1% DO PIB NÃO-PETRÓLEO**

| Atividade        | PIB | Emprego |
|------------------|-----|---------|
| Manufatura       | 0,6 | 0,4     |
| Construção       | 1,5 | 0,7     |
| Transporte       | 0,3 | 0,0     |
| Outros serviços  | 1,2 | 0,3     |
| PIB não-petróleo | 0,6 | 0,2     |

Fonte: OECD (2007) disponível em IEDI, 2009: 32.

Além disso, a Noruega é competitiva internacionalmente em PGN: possui a 19ª maior reserva de petróleo do mundo, com uma participação de 3% da produção mundial, Com relação ao gás natural, a Noruega é quarto maior exportador mundial, com reservas de gás natural na ordem de 2,96 trilhões de metros cúbicos e ocupa a 12ª posição mundial em termos de produção, segundo dados da *British Petroleum* (2008).

A indústria de PGN fomenta o desenvolvimento tecnológico em outros ramos industriais. Os fornecedores estão presentes em vários elos da cadeia produtiva, desde a exploração, o desenvolvimento da produção, ao processamento e transporte. Como resultado desta trajetória de desenvolvimento, atualmente, os fornecedores noruegueses encontram-se entre as principais empresas do mundo e, em termos tecnológicos, a indústria petrolífera norueguesa é reconhecida como referência internacional<sup>6</sup>.

Uma evidência do desenvolvimento de competências industriais locais na Noruega são os indicadores de conteúdo local nos investimentos em novas plataformas: cerca de 50 a 60% (medido em termos de valor adicionado), que se expande para mais de 80% quando se refere a apoio e operações. Este elevado conteúdo local explica-se também, em parte, pelas vantagens da proximidade geográfica. Além disso, outros indicadores revelam o sucesso do desenvolvimento de conteúdo local, tais como: participação significativa na vendas internacionais, o fato de que as operações internacionais estarem baseadas na oferta local e prestadores de serviços e na presença do país em praticamente todas as regiões com atividades petrolíferas no mundo (Heum, 2008).

<sup>6</sup> Fonte: <http://www.noruega.org.br/business/oil/oilgas.html>. (acesso realizado em 10/04/2009).

### 2.2.3. A importância do desenvolvimento institucional

Um elemento fundamental para o desenvolvimento do setor de PGN (particularmente no *upstream* da cadeia produtiva) foi o aparato institucional desenhado e com responsabilidades bem definidas, de acordo com sua estratégia, nas quais se destacam, além do Ministério de Petróleo e Energia (MPE)<sup>7</sup>, órgão governamental responsável pela coordenação e execução da política energética, as seguintes instituições (ANP, 2004):

- *Norwegian Petroleum Directorate*<sup>8</sup>: organismo dependente do MPE cujas funções são regulatórias relacionadas à administração de recursos e proteção ao meio-ambiente.
- *Government Petroleum Insurance Fund*: fundo destinado ao financiamento das reclamações e obrigações do Estado no setor;

Por meio de políticas governamentais estruturadas foi possível explorar as atividades de PGN no Mar do Norte juntamente com o desenvolvimento da cadeia de fornecedores domésticos local, que se envolveram em um processo gradual de aprendizado tecnológico. Esse processo promoveu, por um lado, a estruturação da indústria de fornecedores locais, e por outro, a integração da indústria ao setor de PGN internacional. Em uma perspectiva histórica, esse processo de aprendizado tecnológico, pode ser agrupado em cinco fases de desenvolvimento, de acordo com as características do processo e os instrumentos de política industrial (Engen, 2007):

- **Fase empresarial (1970-1976):** forte atuação do setor privado para vislumbrar as possibilidades de desenvolvimento industrial do país, em que se destacam as cooperações e parcerias para utilização da *expertise* local neste processo. Houve transformações importantes por meio de *learning-by-doing* em empresas petrolíferas estrangeiras, principalmente nas áreas “Efofisk” e “Frigg”. Neste momento, o governo ainda estava inseguro com relação à definição do marco regulatório na indústria, por isso houve uma negociação detalhada neste período.
- **1ª. Fase de consolidação (1977-1980):** grandes projetos foram realizados com a participação majoritária da Statoil e a inclusão de vários agentes locais por meio de políticas para proteção da indústria nascente, embora houvesse pouca participação dos agentes de suporte científico e tecnológico. A Statoil se tornou uma empresa integrada e estabeleceu seus principais fornecedores locais.

---

<sup>7</sup> <http://www.regjeringen.no/en/dep/oed.html?id=750> (acesso em 05/06/2009).

<sup>8</sup> <http://www.npd.no/English/Frontpage.htm> (acesso em 04/06/2009).

- **Fase de maturação (1981-1988):** dois grandes projetos fortaleceram as redes organizacionais e tecnológicas existentes, sendo que os agentes locais adquiriram competências (*know-why*) em vários subsistemas por meio de procedimentos de *design*. Foram estabelecidos acordos de cooperação tecnológica (“*good will agreements*”), os quais determinaram a contratação de empresas e instituições de pesquisa locais. O sistema tarifário permitiu a dedução de despesas de P&D, o que incentivou projetos neste sentido e também a consolidação de unidades de produção integradas.
- **Fase de reorganização (1989-1996):** a redução dos preços do petróleo induziu à cooperação entre os agentes para a diminuição dos custos de produção e as instituições de P&D desempenharam papel importante para o financiamento de projetos. Foram desenvolvidas novas plataformas, extremamente complexas, que demonstraram as competências locais e o *design* da produção, como o projeto “Troll”, que utilizou novas tecnologias para monitoramento e controle de *subseas* por computadores.
- **2ª. Fase de consolidação (1997-atual):** implantação de dois projetos de P&D importantes “Demo 2000” e “Offshore 2010”, em que os fornecedores locais e as pequenas e médias empresas foram responsáveis pela maior parte dos investimentos. Nesta fase são percebidos os esforços colaborativos e a importância da infraestrutura pública de P&D neste processo.

Para alcançar o desenvolvimento da indústria de fornecedores locais o modelo regulatório foi amplamente utilizado como uma ferramenta de política industrial, como mostra as obrigações das concessões e a forma de atuação da maior empresa petrolífera norueguesa, a Statoil. No modelo de concessões norueguês, o governo obrigava os operadores privados dos campos de petróleo a usar fornecedores noruegueses de equipamentos nas diversas fases de desenvolvimento e produção. Isso significava que havia a obrigatoriedade de aquisição de bens do país se estes fossem competitivos em termos de qualidade, preço e prazo. Em outras palavras, houve uma deliberação política para integrar as firmas domésticas em grandes projetos de desenvolvimento, principalmente por meio de alianças com os diversos agentes: com o ambiente industrial, com as empresas atuantes no setor, com o setor de P&D, com as instituições administrativas públicas e com os políticos (Engen, 2007; Pompermayer, 2011).

É interessante observar a importância das instituições públicas de pesquisa neste processo, as quais influenciaram e também foram influenciadas pela estrutura indústria do setor e pela

estratégia de inovação das empresas locais. Destaca-se a atuação da Universidade de Oslo e do *Norwegian Institute of Technology* e da empresa Hydro, que foi concebida como uma empresa baseada apenas em ciência que se transformou em empresa pautada em ciência e tecnologia, em um escopo bem mais amplo. Além disso, a indústria de PGN se consolidou a partir dos resultados de iniciativas sistemáticas dos anos 60 e 70: financiamento à pesquisa pública, capital de risco, deduções tarifárias para P&D realizada localmente, agências públicas com plantas para desenvolvimento tecnológico e contratos públicos para P&D (Gulbrandsen e Nerdrun, 2007). Também deve se destacar o papel de ações de caráter mais horizontal, como a formação de mão-de-obra especializada e o estímulo à criação de centros de pesquisa em determinadas regiões, o que criava condições favoráveis para o desenvolvimento da indústria localmente (Pompermayer, 2011).

Nesse sentido, o desenho institucional foi fundamental para os resultados no desenvolvimento da indústria por vários motivos. Primeiro, por compartilhar da visão de que o petróleo poderia ajudar no objetivo de desenvolvimento industrial e isto serviria para a sociedade de modo geral. Segundo, por definir os diferentes papéis dos órgãos de governo e a necessidade de impor restrições e condições aos negócios no setor. Terceiro, por incentivar a competição entre firmas locais e estrangeiras, sem a concessão de privilégios permanentes. No entanto, embora os investimentos estrangeiros fossem aceitos e, de certa forma, integrados aos processos de concessão, foram adotadas algumas medidas para a proteção da indústria local, dentre as podemos destacar (Heum, 2008):

- 1) as empresas norueguesas deveriam ser informadas, teriam oportunidades e eram incentivadas a participar das concessões;
- 2) como parte da concessão as empresas petrolíferas deveriam apresentar planos que demonstrassem como a competitividade dos fornecedores locais poderia se expandir;
- 3) o governo incentivava, por meio de *joint-ventures* ou acordos de cooperação tecnológica, principalmente em engenharia, que as empresas estrangeiras se tornassem também assistentes técnicos das empresas norueguesas, para que os fornecedores locais pudessem aprender a partir da experiência dessas organizações e pessoas;
- 4) a Statoil e outras empresas norueguesas adotaram a prática de divulgação de seus planos e soluções para projetos de desenvolvimento futuros, com o objetivo de preparar as empresas locais para os desafios que surgiriam;

5) as empresas petrolíferas foram encorajadas a desenvolver projetos de P&D com as universidades e institutos de pesquisa noruegueses, durante a negociação das concessões.

Inicialmente, a empresa internacional norueguesa era a Norsk Hydro, principalmente se relacionando com associações internacionais. No momento em que a empresa começou a se destacar no cenário mundial, atraindo o interesse de agentes franceses, o governo decidiu criar a Statoil, uma nova empresa petrolífera estatal, em 1972, o que deixou a Norsk Hydro em um papel secundário no desenvolvimento industrial. A Statoil desempenhou um papel crucial na política industrial e tecnológica do país e se transformou em um *player* global, especializado nas atividades *offshore*, presente hoje em mais de 40 países do mundo, embora 85% da produção da empresa ainda seja originária das operações na Noruega (Heum, 2008).

A intervenção estatal em PGN da Noruega foi expressiva e se caracterizou, inclusive, pela participação do Estado nas empresas atuantes no setor, com o objetivo de utilizá-las como instrumento de política industrial: a participação acionária do governo na Norsk Hydro ASA é de 44%; de 100% das ações da PETORO AS e de 100% das ações da Gassco AS (ANP, 2004).

Esse desenho institucional foi extremamente importante para o desenvolvimento da cadeia de fornecedores locais na indústria de petróleo norueguesa, efetivado por meio do modelo regulatório no país e com a forte atuação da Statoil e, posteriormente, da PETORO, as empresas estatais norueguesas. O sistema de concessões pode ser considerado o primeiro instrumento de controle para que o Estado determinasse as empresas que teriam permissão para operar e em quais operações deveriam ser concentradas. No entanto, a relação entre essas empresas e a função das mesmas vistas como mecanismo de política industrial merece um maior detalhamento.

Até 1985, a licença para a produção na concessão das atividades de PGN só era concedida para a Statoil, de forma isolada ou inserida em consórcios, para que a empresa, como representante do Estado Norueguês, tivesse uma participação mínima de 50%. Neste ano, o Parlamento percebeu que o patrimônio da Statoil havia se tornado bastante amplo e decidiu criar a SDFI (*State Direct Financial Interest*), para proporcionar uma separação entre as funções empresarial-operacional (empresa de petróleo) e patrimonial-financeira. A SDFI é, na realidade, uma figura jurídica detentora de direitos financeiros das concessões de exploração e produção de PGN e não uma empresa de petróleo propriamente dita, mesmo sendo de posse do Estado. Já em 2001, houve a abertura do capital da Statoil, ainda controlada pelo Estado, que detinha 67% do seu capital.

Então, considerando que poderia haver conflito de interesses na empresa para gerenciamento do SDFI, o Parlamento Norueguês criou a PETORO AS, uma empresa 100% estatal, para substituir a Statoil no gerenciamento do SDFI. Além disso, a PETORO tem como objetivo o incremento das receitas governamentais no longo prazo, através da administração do seu portfólio. Adicionalmente há o sistema de taxas sobre a extração petrolífera, que se configura como um instrumento eficiente para a maximização do valor a partir da exploração de petróleo. Em síntese, a PETORO tem como objetivo o desenvolvimento das reservas petrolíferas, seja por meio da administração das participações já existentes do SDFI, ou pelo monitoramento da participação das vendas de petróleo do SDFI realizadas pela StatoilHydro<sup>9</sup> ou ainda pela administração financeira e contábil do SDFI. Além disso, a empresa controla informações estratégicas e confiáveis sobre o setor no país, podendo utilizá-las para incentivar áreas comercialmente viáveis além de encorajar a StatoilHydro a realizar mais prospecções e explorar novos conhecimentos e tecnologias (IEDI, 2009).

*“A diretriz para o sucesso no desenvolvimento de conteúdo local, para a Noruega assim como qualquer outro país, é permanecer-se dedicado à sua questão central, o que significa estar envolvido na base de conhecimento doméstico por meio de arranjos que permitam um desenvolvimento tecnológico e uma dinâmica industrial, capaz de expandir gradualmente as competências e capacidades domésticas até níveis realmente competitivos... a chave para o sucesso industrial da Noruega não foi a proteção, mas sim o arranjo para a dinâmica industrial e desenvolvimento tecnológico que envolveu atores competentes com a base de conhecimento local e a liderança nas competência internacionais” (Heum, 2008:04).*

Em resumo, os elementos fundamentais para o desenvolvimento de conteúdo local na cadeia de petróleo da Noruega foram (Heum, 2008):

- Instituições para promover negócios e promover um maior dinamismo industrial;
- Políticas industriais para aumentar as capacidades domésticas e expandir a participação e competitividade dos fornecedores locais;

---

<sup>9</sup> Empresa resultante da fusão das empresas Hydro e Statoil, ocorrida em 2007, que detém 90% das licenças de exploração concedidas pela PETORO. Mais informações podem ser consultadas em <http://www.statoilhydro.com/en/aboutstatoilhydro/history/pages/default3.aspx> (acesso realizado em 05/06/2009).

- A decisão acertada de desenvolver competências industriais de acordo com os mais elevados padrões de qualidade internacionais;
- Desenvolver mecanismos capazes de atrair a participação das mais competentes empresas estrangeiras;
- Encontrar uma “janela de oportunidade” no cenário mundial no momento da fase de construção das suas capacidades locais;
- Conceder proteção às empresas locais, em caráter temporário para a capacitação tecnológica das mesmas.

Nos últimos anos o setor petrolífero norueguês passou por uma série de mudanças estruturais com o objetivo de aumentar o desenvolvimento das reservas e harmonizar as regulamentações internas com as normas da União Europeia. A partir da identificação dos cenários possíveis para o futuro do setor, o governo decidiu adotar um cenário de longo prazo, com a realização de novos projetos rentáveis de desenvolvimento e aumento da eficiência. Para isso, assumiu um compromisso de política pública no setor para incentivar a atração de investimentos, cujos principais objetivos foram: manter a fonte de receitas do comércio exterior, criar políticas rigorosas para o meio-ambiente e gestão dos recursos para o setor petrolífero, impulsionar o crescimento econômico e promover a integração regional. As mudanças podem ser agrupadas em três estratégias: alterações na participação estatal na propriedade das empresas e em seus ativos (mudança na estrutura do setor), modificações nas normas de acesso e mudanças nas modalidades de comercialização. É importante também destacar o reconhecimento do Estado sobre a importância em alinhar os objetivos da política energética com o compromisso de continuidade das políticas públicas para expansão do setor (ANP, 2004).

#### **2.2.4. O sistema setorial de inovação e a base de conhecimento**

O Sistema Setorial de Inovação em petróleo na Noruega<sup>10</sup> tem como características, por um lado, a expansão da capacidade de resolver problemas relacionados à produção e operação e, por outro lado, o processo gradual de aprendizado da maioria das empresas atuantes no setor, tanto em

---

<sup>10</sup> Duas obras importantes neste tema são *Small Country Innovation Systems*, de Charles Edquist e Hommem Leif, publicado em 2008 e *Innovation, Path Dependency, and Policy: The Norwegian Case*, cujos autores são Jan Fagerberg, David Mowery e Bart Vespargen, lançado em 2009.



termos de desenvolvimento de capacidades de absorção (aprendizado por meio das experiências internacionais) como também em termos de políticas públicas (Engen, 2007).

No entanto, a literatura reconhece o paradoxo norueguês de inovação: os setores altamente inovadores são poucos e detêm uma participação relativamente pequena na composição setorial da economia. Isto se justifica pelo fato de que grande parte no valor agregado norueguês está concentrado no setor de energia, mostrando a especialização do país em indústrias baseadas em recursos naturais. Para alcançar resultados positivos foram necessárias políticas de suporte com o uso de recursos públicos, que promoveram um aumento da demanda por consultorias técnicas e especializadas (Castellacci, 2007).

Atualmente existem três instituições que operam a política industrial nacional, com o objetivo de criar um ambiente propício à inovação tecnológica (IEDI, 2009):

- ***Innovation Norway (2004)***: criada a partir da fusão de 4 outras organizações (*Norwegian Industrial and Regional Development Fund – SND, Norwegian Trade Council, Norwegian Tourist Board e Government Consultative Office for Inventors – SVO*), tem como função dar suporte a pequenas e médias empresas, incentivar o desenvolvimento de novos produtos e a internacionalização das empresas nacionais. Tem ações transversais, focadas nos setores em que o país apresenta vantagens competitivas, como setor energético, naval e pesqueiro relacionadas ao financiamento de projetos, consultorias, dentre outras. Seus ativos, em 2006, eram de US\$2,84 bilhões.
- ***Industrial Development Corporation of Norway (SIVA)***: empresa criada em 1968, com o objetivo de incentivar a formação de aglomerações industriais regionais através da compra de participações de companhias (ou funcionando como uma incubadora), de projetos em infra-estrutura e centros de inovação em regiões remotas. A empresa tem participações em mais de 150 empresas e em 80 centros de inovação, nos quais já investiu cerca de €37 milhões.
- ***Research Council of Norway***: oferece suporte de pesquisa aos projetos de investimento avaliados como estratégicos em função do potencial de criação de valor, segundo as atividades de maior vantagem competitiva da Noruega. Hoje suas áreas de concentração são: nanotecnologia, genoma, petróleo, energia renovável, mudanças climáticas e aquíicultura. O orçamento da instituição foi definido em US\$ 1,11 bilhão (2008),

provenientes, em sua maioria, do Ministério da Educação e Pesquisa (21,8%) e do Ministério do Comércio e da Indústria (20,3%).

Neste contexto, é interessante analisarmos a perspectiva de Malerba (2005) sobre os elementos fundamentais para a análise de Sistemas Setoriais de Inovação (SSI), que são basicamente três: a) domínio do conhecimento e da tecnologia, b) atores e redes e c) papel das instituições. No caso norueguês percebemos que as instituições exercem maior influência e é capaz de dinamizar os demais aspectos. As instituições, sejam as instituições públicas de pesquisa ou mesmo as empresas estatais, foram amplamente utilizadas como mecanismo de política industrial para traçar e executar a estratégia de desenvolvimento industrial.

A atuação estatal e sua percepção da necessidade de esforços para o desenvolvimento de uma trajetória de longo prazo foram fundamentais. Além disso, houve um fator conjuntural decisivo para o país, que soube aproveitar-se da janela de oportunidade na indústria petrolífera mundial para inserir os fornecedores locais na cadeia produtiva de PGN mundial. Esta inserção foi estimulada por meio do modelo de concessão e suas imposições para inclusão dos fornecedores locais nas operações, os quais se envolveram um processo de aprendizado local com o desenvolvimento de novas tecnologias.

Outro elemento fundamental foi a preocupação constante, tanto do setor público como do setor privado, com o desenvolvimento tecnológico. A indústria de PGN do país já tinha iniciativas históricas em atividades de P&D. No entanto, com a exploração das primeiras áreas, os fornecedores locais definiram sua estratégia: queriam se tornar uma referência mundial em atividades de exploração e produção de PGN e desenvolveram diversas iniciativas para isso. O aprendizado tecnológico ocorreu por meio de processo de *learning-by-doing* com as empresas estrangeiras, assim como a assimilação de conhecimentos em projetos de grande porte com participação de instituições de pesquisa locais. Em outras palavras, os fornecedores locais não apenas se dispuseram a atender as demandas tecnológicas daquele momento, mas sim se comprometeram em implementar inovações tecnológicas radicais e dar um verdadeiro salto para tornarem-se competitivos internacionalmente.

Outra característica fundamental foi a integração entre os agentes no sistema de inovação, o que aumentou o poder de difusão das tecnologias no sistema produtivo, conforme demonstrado por Fagerberg *et al* (2008):

*“Personal computers...revealing that the Nordic countries, including Norway, display the highest rates of adoption for PCs. These indicators point to an important strength of the Norwegian innovation system, its strong performance in knowledge diffusion and cooperation in innovation. This characteristic of national innovation systems is typically not captured by conventional indicators of innovation inputs or outputs” (Fagerberg et al, 2008: 7).*

As iniciativas de P&D foram sistemáticas e não conjuntais, para tornarem-se capazes de sustentar essa competitividade da indústria petrolífera norueguesa. Além dos projetos já mencionados anteriormente, há projetos estruturantes, como o OG21, que envolve diversos agentes, públicos e privados, em várias áreas temáticas para aumentar o conhecimento e as tecnologias exportadas pela indústria local com o objetivo contínuo de ampliar as vantagens competitivas do país e internacionalizar a indústria de fornecedores e prestadores de serviços.

A abordagem da identificação da base de conhecimento existente também é fundamental para caracterizar o padrão de inovação desta indústria baseada em recursos naturais. Por meio desta análise, conforme proposto por Smith (2000), é possível demonstrar que há uma complexa base de conhecimento, que se encontra dispersa entre as várias atividades e agentes envolvidos na atividade produtiva. Uma síntese da base de conhecimento da indústria petrolífera norueguesa é apresentada a seguir. É interessante notar que cada fase da produção possui técnicas de produção e inovações tecnológicas peculiares, o que gerou a colaboração de diferentes instituições de pesquisa na construção da respectiva base de conhecimento da área. Isto reforça o argumento de que em uma indústria baseada em recursos naturais existe uma complexa produção de conhecimentos, a qual não é identificada pelos indicadores usuais de intensidade tecnológica.

**QUADRO 2. 1. PRINCIPAIS ATIVIDADES, BASE DE CONHECIMENTO E INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS NA CADEIA DE PGN DA NORUEGA**

| Base de exploração dos campos de petróleo |                                                 |                                      |                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atividade chave                           | Técnica                                         | Base de conhecimento                 | Instituições de Pesquisa                                                                                                         |
| Coleta de dados geológicos                | Operação de embarcações marítimas               | Navegação                            | NTNU-TC                                                                                                                          |
|                                           | Aquisições sísmicas                             | Sismologia                           | SINTEF, UiO-G, UiB-ISEP, NT NU-Dot, NORSAR, Statoil                                                                              |
|                                           | Perfuração                                      | Engenharia e tecnologia de materiais | SINTEF Ch, Sintef CEE, SINTEF MT, SINTEF U, Molab, UiO-Ch, UiB-P, HiS-MMT, NORUT t, MBS, MARINTEK, NTNU-GE, RF, Statoil          |
|                                           |                                                 | Física                               | SINTEF CEE, SINTEF MT, UiO-G, UiO-Gp, UiB-ISEP                                                                                   |
|                                           |                                                 | Geologia                             | UiO-G, UiB-GIKU, HiS-DPT, HiS-MMT, IKU, NGU, NP, RF, Statoil                                                                     |
| Análise de dados geológicos               | Interpretação sísmica                           | Sismologia                           | SINTEF TI, UiO-G, UiO-P, UiB-ISEP, NORSAR, Statoil                                                                               |
|                                           | Interpretação geológica                         | Geologia                             | UiO-G, UiB-G, Statoil, IKU, HiS-DPT, MMT, NGU, NP, RF                                                                            |
|                                           |                                                 | Geofísica                            | UiO-G, UiO-Gp, UiB-G, IKU, NTNU-P, NGU, NP, Statoil                                                                              |
|                                           |                                                 | Geoquímica                           | UiO-G, NGU                                                                                                                       |
|                                           |                                                 |                                      |                                                                                                                                  |
| Engenharia e Manufatura das Instalações   | CAE/CAD/CAM (cibernética)                       | Instrumentação industrial            | UiB-P, HiBu-ETC, SINTEF AM, SINTEF TI, MPP, CMR, IFE, MBS, SINTEF EC, NTNU-DTC, HiS-EC                                           |
|                                           |                                                 | Engenharia/tecnologia de materiais   | SINTEF Ch, SINTEF CEE, SINTEF MT, SINTEF U, Molab, UiO-Cj, UiB-P, HiS-MMT, NORUT t, MBS, MARINTEK, NTNU-GE, NORSAR, NAT, HiM     |
|                                           |                                                 | Física                               | SINTEF CEE, SINTEF MT, UiO-G, UiO-Gp, UiB-SP                                                                                     |
|                                           |                                                 | Geologia                             | UiO-G, Statoil, Uib-G, IKU, DPT, HiS-MMT, NGU, NP, RF, SINTEF AM, NGL                                                            |
|                                           |                                                 | Climatologia                         | SINTEF AM, SINTEF E, MARINTEK, UiO-Gp, NTNU-MH, NORUT, IT, DNMI                                                                  |
|                                           |                                                 | Mecânica                             | SINTEF Ch, SINTEF AM, UiO-P, DPT, RF, HiM                                                                                        |
|                                           |                                                 | Máquinas                             | MARINTEK, NTNU-DTC, HiS-MMT                                                                                                      |
|                                           | Construção, mecânica, eletrônica e eletricidade | Engenharia/tecnologia de materiais   | SINTEF Ch, SINTEF CEE, SINTEF MT, SINTEF U, Molab, UiO-Ch, UiB-P, HiS-MMT, NORUT t, MBS, MARINTEK, NTNU-GE, RF, NORSAR, NAT, HiM |
|                                           |                                                 | Geometria                            | SINTEF AM                                                                                                                        |
|                                           |                                                 | Tecnologia Submarina                 | NTNU-MPP, HiS-MMT, FFI, MAINTEK, Nutec, Statoil                                                                                  |
|                                           |                                                 | Otimização                           | SINTEF AM                                                                                                                        |
|                                           |                                                 | Engenharia Mecânica                  | SINTEF Ch, SINTEF AM, UiO-P, HiS-DPT, RF                                                                                         |
|                                           | Técnicas mecânicas                              | Eletrônica                           | SINTEF EC, UiB-P                                                                                                                 |
|                                           |                                                 | Tecnologia Submarina                 | NTNU-MPP, Statoil, HiS-MMT, FFI,                                                                                                 |

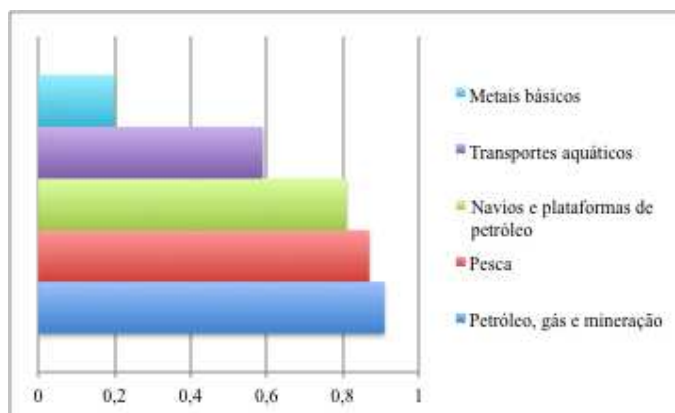
|                                                         |                                                 |                                    |                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                         |                                                 |                                    | MARINTEK, DNV, Nutec                                                                                                                   |
| Instalações                                             | Atracagem                                       | Cibernética                        | MARINTEK, DNV                                                                                                                          |
|                                                         |                                                 | Geometria                          | SINTEF AM                                                                                                                              |
| Fase de Produção de Petróleo                            |                                                 |                                    |                                                                                                                                        |
| Manutenção                                              | Construção, mecânica, eletrônica e eletricidade | Engenharia/tecnologia de materiais | SINTEF Ch, SINTEF CEE, SINTEF MT, SINTEF U, Statoil, Molab, UiO-Ch, UiB-P, HiS-MMT, NORUT t, MBS, MARINTEK, NTNU-GE, RF, DNV, NAT, HiM |
|                                                         |                                                 | Geometria                          | SINTEF AM                                                                                                                              |
|                                                         |                                                 | Tecnologia submarina               | NTNU-MPP, HiS-MMT, FFI, MARINTEK, Nutec, Statoil                                                                                       |
|                                                         |                                                 | Otimização                         | SINTEF AM                                                                                                                              |
|                                                         | Técnicas mecânicas                              | Engenharia mecânica                | SINTEF Ch, SINTEF Am, UiO-P, HiS-DPT, RF, Him                                                                                          |
|                                                         |                                                 | Eletrônica                         | SINTEF Ec, UiB-P                                                                                                                       |
|                                                         |                                                 | Tecnologia submarina               | NTNU-MPP, HiS-MMT, FFI, MARINTEK, Statoil, Nutec                                                                                       |
|                                                         |                                                 | Cibernética                        | SINTEF EC, HiS-DTC, HiBu-ETC, HiS-EC                                                                                                   |
| Vigilância                                              | Monitoramento da produção nos poços             | Engenharia de TI                   | SINTEF EC, SINTEF TI, MBS, MARINTEK                                                                                                    |
|                                                         |                                                 | Computação de imagens              | SINTEF Ch, SINTEF EC                                                                                                                   |
|                                                         |                                                 | Eletrônica                         | SINTEF EC, UiB-P                                                                                                                       |
|                                                         |                                                 | MT                                 | UiB-Ch                                                                                                                                 |
|                                                         |                                                 | Óptica                             | SINTEF EC, UiB-P                                                                                                                       |
|                                                         |                                                 | Acústica                           | SINTEF Ch, SINTEF TI, UiB-P, NTNU-DoT, CMR, IKU                                                                                        |
|                                                         |                                                 | Análise de ondas                   | SINTEF AM, SINTEF CEE, UiO-Gp, UiO-Gp, NTNU- MH                                                                                        |
|                                                         |                                                 | Climatologia                       | SINTEF AM, SINTEF E, MARINTEK, UiO-Gp, NTNU- MH, NORUT, DNMI                                                                           |
| Boas práticas, tecnologia de reservatórios e transporte | Acompanhamento de reservatórios                 | Geologia                           | SINTEF AM, UiO-G, HiS-DPT, HiS-MMT, IKU, NGU, NGI, RF, Statoil                                                                         |
|                                                         |                                                 | Geofísica                          | SINTEF CEE, SINTEF MT, UiO-G, UiO-Gp, UiB- ISEP, Statoil                                                                               |
|                                                         |                                                 | Geoquímica                         | UiO-G, NGU, Statoil                                                                                                                    |
|                                                         | Injeção de gás e água                           | Engenharia geoquímica              | IKU, RF, IFE, NTNU-DIC, HiS-DPT, AQUA                                                                                                  |
|                                                         |                                                 | Simulação numérica                 | SINTEF Ch, SINTEF AM, HiS-DPT                                                                                                          |
|                                                         | Armazenamento                                   | Engenharia/tecnologia de materiais | SINTEF CEE, MBS                                                                                                                        |
|                                                         | Tecnologias de separação e processamento        | Geoquímica                         | SINTEF Ch, SINTEF AM, UiO-P, HiS-DPT, RF, CMR, IFE, UiB-C, NTNU-DIC, MARINTEK, Statoil                                                 |
|                                                         | Transporte nos oleodutos                        | Engenharia/tecnologia de materiais | MBS, NAT, DNV, HiM                                                                                                                     |

|                           |                              | Geoquímica | SINTEF E                                                                                                                                                    |
|---------------------------|------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Refino                       | Geoquímica | SINTEF Ch                                                                                                                                                   |
| Segurança e meio-ambiente | Proteção ambiental e da vida | Variedades | HiS-DPT, HiS-MS, RF, SINTEF Ch, SINTEF AM, IKU, SINTEF UNIMED, SINTEF E, HSH-DE, CMR, UiO-G, NORUT, NERSC, NIVA, RF, DNV, NORSAR, NAT, Nutec, AQUA, Statoil |

Fonte: Smith, 2000: 20-22 a partir de Braadland, T. E. **Knowledge Bases in the Offshore Sector**, STEP Group, Oslo, 1997.

É importante discutir os efeitos desta integração da cadeia produtiva de PGN na estrutura industrial da Noruega. Pode-se observar uma diversificação “de dentro para fora” da indústria Norueguesa, ou seja, a partir os encadeamentos (*forward e backward linkages*) e *spillovers*, evidencia-se a capacitação tecnológica dos fornecedores. A partir desta cadeia produtiva baseada em recursos naturais, o país foi capaz de promover o desenvolvimento várias outras atividades econômicas. Este efeito no restante da estrutura industrial pode ser analisada segundo a perspectiva dos sistemas de inovação por Fagerberg *et al* (2008). Os autores justificam o uso desta perspectiva em função do processo de histórico de desenvolvimento industrial no país, ao integrar outros elos a partir da exploração do petróleo, como metais básicos, transportes aquáticos e navios petroleiros. Este padrão de especialização da produção é sintetizado na figura a seguir.

**FIGURA 2. 1. PRODUÇÃO DA NORUEGA SEGUNDO A ESPECIALIZAÇÃO RELATIVA DE ALGUNS SETORES EM 2002**



Fonte: Fagerberg *et al*, 2008: 19 a partir de dados da *GGDC 60 Industries Data Base*.

Portanto, a experiência da Noruega mostra que iniciativas pontuais não são suficientes para o desenvolvimento industrial em PGN. As características limitadoras do setor só podem ser superadas por meio de políticas públicas bem definidas e da sensibilização dos agentes locais, além do desenvolvimento de projetos de P&D amplos e um aparato institucional adequado, que vislumbre conhecimentos e tecnologias reconhecidas internacionalmente em uma perspectiva de longo prazo.

#### **2.2.5. A capacitação tecnológica dos fornecedores e a relação usuário-fornecedor**

Diante da importância dos fornecedores no desenvolvimento de cadeias produtivas integradas, é necessário avaliar se houve e qual o estágio de capacitação tecnológica dos mesmos na cadeia de PGN Norueguesa. Com base nos determinantes propostos por Ramos (1998) e Lorentzen (2008) podemos considerar que o setor se tornou uma cadeia produtiva integrada e houve capacitação tecnológica dos fornecedores diante do processo de intensificação do conhecimento nessas atividades econômicas. Pode-se identificar ainda um elevado grau de especialização e capacitação tecnológica dos fornecedores locais da cadeia alinhado à estratégia de foco em tecnologia e internacionalização das empresas, em função do tamanho reduzido do mercado interno e da forte competição externa (Pompermayer, 2011).

Primeiramente, a indústria se tornou uma cadeia produtiva integrada graças, em grande parte, à complexidade das atividades dos segmentos das máquinas e de engenharia. Os fornecedores locais acumularam competências por meio de processos de engenharia reversa e *learning-by-doing* com concorrentes internacionais, os quais foram incentivados a se instalar no país e tiveram que desenvolver atividades localmente como contrapartida. As máquinas da cadeia gradualmente reduziram seu conteúdo importado, depois do licenciamento e do incremento do grau de sofisticação, podendo ser exportadas de forma competitiva posteriormente. Com relação às engenharias pode-se considerar que houve um intenso processo de troca de experiências para capacitação tecnológica, o que permitiu que a engenharia local estivesse fortemente envolvida na adaptação das máquinas para o mercado local, assim como possibilitar uma inserção internacional competitiva das mesmas nos mercados internacionais.

Também evidencia-se a intensificação do conhecimento, não só pelo aumento dos investimentos em P&D mas pela ampliação das atividades de caráter *non-R&D* com atributos de design e a forte interação e transferência de tecnologia entre usuários e fornecedores. Outra evidência é a

diversidade e a amplitude da base de conhecimento necessário para a execução das atividades na cadeia, como ilustrou o quadro acima. Pode-se notar claramente as etapas críticas apontadas por Lorentzen (2008) desde o melhoramento dos processos produtivos até a aplicação do conhecimento em outras atividades econômicas, a fase da migração lateral, em que outras indústrias se beneficiam do conhecimento gerado pela cadeia de PGN, como a indústria da pesca e de fabricação de navios, como discutido na especialização do padrão de produção da Noruega. Vale analisar ainda o escopo das inovações tecnológicas geradas pela cadeia produtiva de PGN na Noruega. As inovações tinham um caráter realmente inovador, não apenas pelo melhoramento ou adaptação dos produtos e processos existentes. Além disso, tinham como escopo o mercado global, uma vez que as inovações geradas por ela jamais tinham sido utilizadas por outras atividades industriais em outro lugar do mundo, o que justifica sua inserção internacional competitiva nos mercados globais de PGN.

### **2.3. Austrália: a indústria do vinho**

A análise da experiência da cadeia produtiva de vinhos da Austrália é um caso interessante basicamente por dois motivos. Por um lado, mostra a emergência de oportunidades para a inserção competitiva de países em desenvolvimento em mercados globais. Por outro lado, demonstra que, desde que haja agregação de valor e um incremento no conteúdo tecnológico das atividades, as cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, podem se tornar uma oportunidade para a transformação de vantagens comparativas em vantagens competitivas.

#### **2.3.1. A reconfiguração da indústria mundial de vinhos no período recente**

A trajetória da cadeia produtiva de vinhos australiana ilustra o aproveitamento de uma “janela de oportunidade” para *latecomers* em função da reconfiguração do setor no mundo nas duas últimas décadas, decorrente do aumento da globalização e da maior liberação dos mercados.

Embora a indústria de vinhos seja reconhecida como LMT, já que suas atividades produtivas são quase “artesaniais”, simples, desenvolvidas a partir dos recursos naturais disponíveis, verifica-se que ocorreram transformações estruturais nas duas últimas décadas, tanto com relação ao modo de produção, como também com relação ao padrão de consumo. Hoje a indústria de vinhos envolve considerável conteúdo de pesquisa básica e aplicada. Se, por um lado, houve uma redução no volume global, por outro, verifica-se um movimento de incremento do conteúdo



tecnológico nos produtos em função da mudança do padrão de consumo, que agora requer melhoramentos em termos de qualidade dos mesmos (Giuliani, 2007; Smith e Marsh, 2007).

A reconfiguração da estrutura da indústria no mundo pode ser explicada pelo aumento do conteúdo tácito nas suas atividades produtivas juntamente com um processo intenso de modernização tecnológica, o que impôs a necessidade de mudanças organizacionais nas empresas do setor. Nesse processo, surgiram novos *players* globais, que realizaram investimentos expressivos em atividades de pesquisa, gerando alterações também do lado da oferta. Nesta reconfiguração da indústria global, dentre os novos produtores do “Novo Mundo” destacam-se países importantes, mas novos no setor, como EUA e Austrália, e também economias emergentes como Chile, Argentina e África do Sul. Esses países adquiriram expressividade diante da resposta lenta dos produtores tradicionais às mudanças nos métodos de produção, em regiões do “Velho Mundo”, como Espanha, Portugal, França e Itália.

A alteração das características dos produtos ofertados, com crescente uso de tecnologias, é uma consequência das estratégias desses novos *players* de esforços de pesquisa com instituições especializadas, ou seja, o suporte científico e tecnológico desempenhou papel fundamental na evolução da indústria, além de atividades estratégicas em construção de “marcas” e *marketing*. Os novos produtores realizaram um *upgrade* tecnológico e também se aproveitaram das mudanças recentes nos hábitos dos consumidores, sendo que a valorização do vinho também considera agora os sabores, a variedade e a nacionalidade de origem. Isso conduz ao realinhamento das estratégias dos produtores tradicionais em termos de organização da produção, pesquisa e *marketing*. Pode-se identificar duas fases com características totalmente distintas na indústria do vinho mundial: uma primeira, dominada pelos produtores tradicionais no “Velho Mundo” e uma segunda fase, em uma “indústria moderna” em que os produtores tiveram que orientar seus métodos de produção e estratégias em função do novo padrão de qualidade. A competitividade dos novos *players* está associada à descontinuidade das características da indústria mundial, em função de alterações na demanda, na oferta e o surgimento de uma “janela de oportunidade” para novos entrantes (Giuliani, 2007; Marsh e Shaw, 2000).

A tabela a seguir ilustra a concentração da indústria mundial e realiza uma comparação entre a indústria do “Velho Mundo” e a “Moderna” dos dias atuais. É interessante observar a alteração, em termos de um aumento da concentração relativa dos principais produtores nacionais, e

também notar que a lucratividade alcançada pelos novos *players* possibilitou uma equidade com *players* tradicionais, como demonstra a comparação deste indicador entre a França e a Austrália.

**TABELA 2. 4. CONCENTRAÇÃO DA INDÚSTRIA MUNDIAL DE VINHOS EM PAÍSES SELECIONADOS EM 2000**

|                              | <i>Participação relativa dos 5 maiores produtores nacionais de vinho</i> | <i>Lucro das vendas de vinhos dos 5 maiores produtores nacionais de vinhos (em US\$ milhão)</i> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| “Velho Mundo”                |                                                                          |                                                                                                 |
| França<br>(exceto Champagne) | 13                                                                       | 330                                                                                             |
| Itália                       | 5                                                                        | 125                                                                                             |
| Espanha                      | 10                                                                       | 190                                                                                             |
| “Novo Mundo”                 |                                                                          |                                                                                                 |
| EUA                          | 73                                                                       | 750                                                                                             |
| Austrália                    | 68                                                                       | 310                                                                                             |
| Nova Zelândia                | 80                                                                       | n.d.                                                                                            |
| Argentina                    | 50                                                                       | 97                                                                                              |
| Chile                        | 47                                                                       | 90                                                                                              |

Fonte: Anderson (2004:17) a partir de dados do Rabobank.

As mudanças nos métodos de produção de vinho foram fundamentais nesse processo e se caracterizam tanto pelas inovações em materiais e alterações de aplicações em processo, como também em modificações nas práticas da produção, como a introdução da mecanização, da eletrônica e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nos processos, como sintetiza o quadro a seguir (Giuliani, 2007).

*“The wine industry has always been knowledge-driven, but over the last decades, and in parallel with demand changes, the characteristics of the knowledge base have changed and R&D strategies have become critical to the industry success... The focus of research has been on the introduction of new grapes varieties and on the reduction of the variability of output in order to obtain wines with regular taste and quality notwithstanding the variability in climate conditions, soil characteristics as well as other local specificities”* (Cusmano et al, 2008: 11).

## QUADRO 2.2. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS NO MUNDO

| Fases do processo de produção                   | Fase orientada para a quantidade (“Velha indústria”)                       | Fase orientada para a qualidade (“Indústria moderna”)                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variedades genéticas de uvas                    | Seleção em massa e clonagem                                                | Seleção “policlonagem”<br>Biotecnologia e modificação genética das videiras                                                                                           |
| Escolha das variedades das uvas                 | Nenhuma                                                                    | Introdução de variedades internacionais de uvas para 5 vinhos finos                                                                                                   |
| Administração e tratamento das vinícolas        | Calendário de programas de controle<br>Baixa densidade das vinícolas       | Mecanização sofisticada<br>Aumento da densidade das vinícolas<br>Avanços na química dos fertilizantes<br>Agricultura de precisão<br>Tratamentos biológicos integrados |
| Decisões sobre a colheita                       | Baseada na experiência dos fazendeiros                                     | Teste tecnológico de maturidade                                                                                                                                       |
| Processos produtivos na vinícola                | Separação manual das uvas                                                  | Introdução de máquinas sofisticadas para separação das uvas                                                                                                           |
|                                                 | Não há controle de temperatura                                             | Adaptação da fermentação com controle de temperatura e movimentação automática                                                                                        |
|                                                 | Não existe controle sobre os fungos                                        | Uso de enzimas selecionadas para a regular a fermentação                                                                                                              |
|                                                 | Processos naturais com controle limitado<br>Tanques de cimento ou plástico | Análises recorrentes durante a fermentação<br>Inovação em materiais: tanques de aço                                                                                   |
| Filtração<br>“Envelhecimento”<br>engarrafamento | Instrumentos rudimentares                                                  | Máquinas sofisticadas                                                                                                                                                 |
|                                                 | e Uso de barris grandes<br><br>Rolhas                                      | Inovações nos procedimentos para envelhecimento<br>Inovações em materiais (rolhas, silicone e polímeros para vinhos brancos)                                          |

Fonte: Seleção das mudanças da autora a partir de Giuliani (2007: 146).

Entre os novos *players* globais da indústria mundial de vinhos está a Austrália, a região da Califórnia nos EUA, a Nova Zelândia, a África e o Chile, que, atualmente correspondem por 40% dos fluxos de comércio mundial na indústria, sendo que os produtores tradicionais foram induzidos a reorientar sua estratégia de *marketing* a fim de manter-se nos mercados<sup>11</sup> (Aylward e Zanko, 2006).

<sup>11</sup> Um esclarecimento importante deve ser realizado com relação à justificativa da seleção da amostra de países. Um questionamento possível seria a motivação para se excluir o Chile da amostra, considerando as características históricas e geográficas mais próximas ao Brasil, o que tornaria a comparação mais factível. No entanto, como pode se observar na tabela 1 do Anexo I com a comparação entre o crescimento das exportações de vários países, a

Os novos produtores, como a Austrália, tornaram-se competitivos porque desenvolveram mecanismos próprios de transferência de tecnologia, uma forma de adquirir conhecimentos tácitos, consolidando um processo de aprendizado tecnológico com a formação de recursos humanos qualificados. Esta reconfiguração da indústria mundial gerou também implicações para as políticas de ciência e tecnologia: ênfase na melhoria da educação e formação de recursos humanos qualificados, financiamento às pesquisas públicas e iniciativas para integrar a política de pesquisa com a dinâmica da indústria de vinhos. Além disso, a difusão da pesquisa foi um mecanismo de agregação de valor e teve papel importante no desenvolvimento da indústria:

*“Contrary to common perceptions of a ‘traditional sector’, the wine industry today involves considerable basic and applied research and has undergone major technological changes that have refined grape-growing and wine production” (Giuliani, 2007: 140).*

Neste contexto, a indústria mundial favoreceu a emergência de novos negócios, para a exploração de novas oportunidades tecnológicas na maioria dos vinhos, ganhos em economias de escala através de novos produtos e novas marcas e criação de novas variedades de uvas e estilos de vinhos. A Austrália empreendeu esforços na busca de “novas especializações”, alcançadas por meio do aumento da sua representação no crescimento da produção de uvas e vinhos, além da pesquisa em vinhos, juntamente com a formação de redes público-privadas. As atividades mais expressivas do país são no crescimento das uvas, produção de vinhos, atividades turísticas e educação e P&D voltada para a indústria do vinho (Scott-Kemmis *et al*, 2005).

Pode-se considerar que a Austrália soube aproveitar-se das oportunidades emergentes que surgiram com a reconfiguração da indústria mundial de vinhos, nesse processo de transformação estrutura da indústria do “Velho Mundo” para a “Modernidade”. A indústria de vinhos é fortemente dirigida pela demanda dos consumidores (*consumer driver production*) e o país foi capaz de realizar esta reorientação nas práticas e sistemática produtiva da indústria local buscando uma inserção internacional competitiva em produtos de maior valor agregado e esforços para a integração da cadeia produtiva local.

---

liderança Australiana é um fato importante, por isso sua estratégia de desenvolvimento é interessante ao demonstrar a articulação dos agentes o incremento do valor agregado para o fortalecimento da cadeia produtiva local.

### **2.3.2. As origens da competitividade da indústria Australiana**

Até a década de 1970 a Austrália detinha uma participação pouco expressiva na indústria mundial de vinhos, concentrada em vinhos “fortes de mesa” e suas atividades produtivas eram associadas às práticas de imigrantes, geralmente de origem alemã. No início desta década, a indústria australiana passou por alterações de grande magnitude, principalmente com o desenvolvimento de novas variedades de uvas de alta qualidade e com a difusão de inovações tecnológicas relacionadas às técnicas de produção dos vinhos e plantação das uvas, como a mecanização para plantio e poda das videiras. Já na década de 1980, favorecidos pela depreciação do dólar australiano, os produtores locais iniciaram um movimento de inserção nos mercados globais. A colaboração entre os agentes foi um elemento importante neste processo de crescimento e incremento da competitividade e pode ser evidenciado no desenvolvimento das instituições a partir de 1980, como será discutido na próxima seção. Dentre os fatores explicativos desta expansão da competitividade há a desvalorização da moeda local; a mudança na estrutura patrimonial das principais empresas do setor no país e a reorientação da estratégia de negócios (Smith e Marsh, 2007; Marsh e Shaw, 2000).

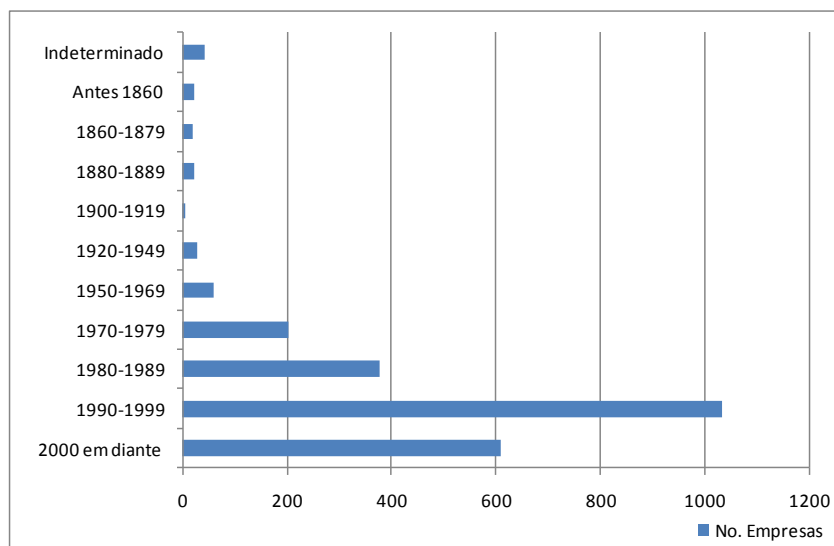
O desenvolvimento da indústria de vinhos australiana pode ser visto como resultante da combinação de dois esforços bem sucedidos: a criação de novas variedades de vinhos de alta qualidade e uso de amplas mudanças tecnológicas nos processos produtivos. Neste processo, a competitividade surgiu da estratégia em alguns elementos centrais, dentre os quais podemos destacar (Smith e Marsh, 2007):

- a) Processos para geração de inovação tecnológica e criação de capacidades;
- b) Desenvolvimento em colaboração com as associações da indústria;
- c) Processos de consolidação da indústria para fortalecer seu dinamismo.

O desenvolvimento da indústria de vinho é demonstrado por algumas estatísticas históricas e demonstram um “salto de competitividade” do setor, como ilustra a tabela a seguir, fundamentando a inserção internacional competitiva com exportações de elevado valor agregado. As primeiras plantações de videiras foram cultivadas na região de *Sydney Harbour Bridge* em 1788. Hoje há cerca de 60 regiões com cultivo de uvas em uma área de mais de 160 mil hectares no país. A Austrália é o quarto maior exportador de vinhos do mundo (sendo que os 5 maiores produtores mundiais de vinho são: 1º. França, 2º. Itália, 3º. Espanha, 4º. EUA, 5º. Argentina. Já os 5 maiores países exportadores de vinho são: 1º. Itália, 2º. França, 3º. Espanha, 4º. Austrália e

5°. Chile), com vendas para mais de 100 países, que resultam em uma contribuição setorial de US\$ 5,5 bilhões. O salto de competitividade é evidenciado no desenvolvimento industrial na década de 90, tanto pelo número de criação de empresas no setor, como também pelos demais indicadores de competitividade, em que merece destaque o valor agregado por produto exportado

**FIGURA 2. 2. NÚMERO DE EMPRESAS CRIADAS NA CADEIA PRODUTIVA DE VINHO AUSTRALIANA ENTRE 1860 E 2010**



Fonte: *The Australian and New Zealand Wine Industry Directory*, 2010.

**TABELA 2. 5. CRESCIMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS NA AUSTRÁLIA SEGUNDO INDICADORES SELECIONADOS ENTRE 1988 E 2005**

|                                                                    | 1988  | 1992  | 1996  | 1999  | 2004/2005 |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| <i>Volume da produção de vinho (000 hl)</i>                        | 4.942 | 4.585 | 6.734 | 8.511 | 14.203    |
| <i>Participação na produção mundial</i>                            | 1.8   | 1.6   | 2.5   | 3.0   | 3.4       |
| <i>Volume das exportações de vinhos (000 hl)</i>                   | 491   | 930   | 1.481 | 2.581 | 7.018     |
| <i>Exportações em % da produção de vinho (em volume)</i>           | 9.9   | 20.3  | 22.0  | 30.3  | 49.4      |
| <i>Exportações em % do volume mundial de vinhos exportados</i>     | 1.2   | 2.0   | 2.5   | 3.7   | n.d.      |
| <i>Exportações em % do valor mundial de vinhos exportados</i>      | 1.3   | 2.4   | 3.6   | 5.3   | n.d.      |
| <i>Índice de vantagem comparativa em vinhos</i>                    | 1.07  | 2.08  | 3.20  | 5.31  | n.d.      |
| <i>Valor unitário das exportações de vinho (em US\$ por litro)</i> | 1.79  | 2.27  | 2.92  | 2.98  | 3.98      |

Fonte: Smith e Marsh (2007: 227) a partir de Anderson e Norman (2006).

N.d.: não disponível.

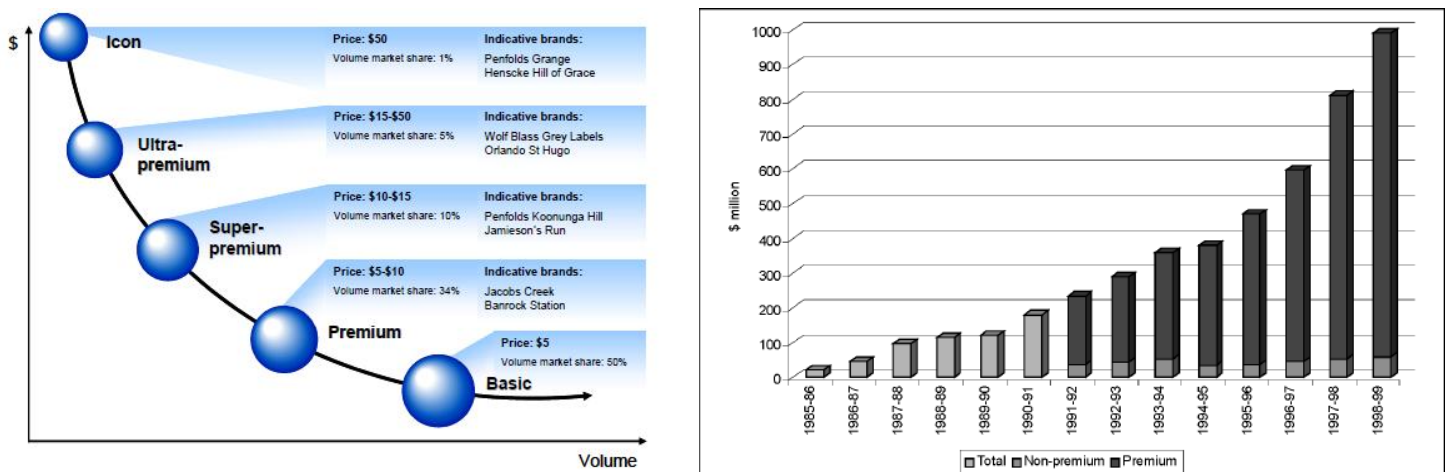
A busca pela inserção internacional foi um elemento central da competitividade da cadeia produtiva de vinhos australiana. Este objetivo foi alcançado por meio de duas estratégias distintas e complementares: uma primeira, de desenvolvimento na produção de produtos de maior valor agregado e; uma segunda, que foca na expansão das exportações destes produtos para o resto do mundo. As evidências dessa estratégia podem ser ilustradas nas figuras a seguir. Na primeira tabela, há uma comparação da evolução das exportações entre os principais novos players globais – Austrália, Chile e Argentina na década de 90, mostrando a liderança Australiana. O primeiro gráfico (esquerda) ilustra o valor agregado contido nos *vinhos da linha Premium* comparativamente às demais qualidades, já o segundo gráfico (direita), mostra o incremento das exportações australianas nesta categoria de produto.

**TABELA 2. 6. CRESCIMENTO DO VALOR DAS EXPORTAÇÕES DE VINHO EM PAÍSES SELECIONADOS NA DÉCADA DE 1990**

| Exportações      | \$ 1997             | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Austrália</i> | <i>A\$ milhões</i>  | 225  | 284  | 381  | 402  | 423  | 553  | 717  | 931  |
| <i>Chile</i>     | <i>US\$ milhões</i> | 96   | 132  | 139  | 152  | 189  | 299  | 427  | 534  |
| <i>Argentina</i> | <i>US\$ milhões</i> | 25   | 37   | 35   | 37   | 81   | 85   | 128  | 152  |

Fonte: Smith e Marsh (2007: 228)

**FIGURA 2. 3. VALOR ADICIONADO E EXPORTAÇÕES DOS PRINCIPAIS VINHOS DA CADEIA AUSTRALIANA**



Fonte: KordaMentha (2005: 3) e Smith e Marsh (2007: 242).

A busca da integração da cadeia produtiva por meio da competitividade em produtos de maior valor agregado é um elemento de destaque, ou seja, transformar as inovações tecnológicas em vinhos de alta qualidade foi um elemento estruturante da cadeia produtiva, como pode ser identificado no documento *Strategy 2025*, que formulou as diretrizes para a estratégia do setor no país em meados dos anos 90:

*“The wine industry has achieved this success by following a classic value adding model. It transforms an agricultural commodity into a quality, branded image product, which is securing a growing share of the oversupplied and very competitive global wine market. The industry adds an estimated \$910 million to purchased inputs or seven times farm gate value. Much of the industry's success can be attributed to a series of human and natural competitive advantages. It is a world leader in innovative technology which ensures cost competitive-high quality grape and wine production; it produces a product with intense flavor; it is flexible in its production structures untrammelled by Old World appellation restrictions and traditions; and it has managed to achieve a value for money reputation across all price points. Other advantages are its clean, green physical environment, the engaging personality of its winemakers who have featured strongly in promotion, the geographical and technical diversity of its viticulturists and the nation's long viticulture and winemaking heritage”* (Strategy 2025: 02).

Este documento ainda destaca que essa inserção internacional competitiva seria alcançada em um processo de três fases: uma primeira, entre 1996 e 2002, com o crescimento do volume exportado; uma segunda fase, entre 2002 e 2015 com expansão do valor exportado por meio da ênfase da construção de marcas e fortalecimento do setor e, uma terceira fase, entre 2015 e 2025, de pré-excelência, quando a Austrália iria alcançar a liderança em alguns mercados específicos. Vale mencionar que O documento *Strategy 2025* foi elaborado em junho de 1996 pela *Australian Wine Foundation*, com o envolvimento das empresas, representações da indústria e especialistas do setor com o objetivo de formular uma estratégia de desenvolvimento industrial competitiva para o setor nos próximos 30 anos em termos de oportunidades de mercados, recursos necessários e atuação das políticas públicas. Foi uma ação importante porque houve a colaboração e interação entre os agentes do setor nos esforços para a construção de um alinhamento estratégico de longo prazo da indústria, a partir de um estudo das oportunidades em cada um dos elos da cadeia produtiva de vinhos: viticultura, produção de vinhos, marcas e distribuição, vendas (varejo) e consumidores.



### 2.3.3. A importância do desenvolvimento institucional

Um elemento fundamental na trajetória da cadeia produtiva de vinhos na Austrália foi a estruturação adequada do aparato institucional, envolvendo todos os órgãos, tanto públicos quanto privados, inclusive Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), com o objetivo de promover um “ecossistema favorável” para o alinhamento das estratégias de promoção do desenvolvimento industrial.

As mudanças institucionais tiveram importância reconhecida e representaram um conjunto de “boas práticas” que a Austrália pode ensinar aos demais novos *players* da indústria global, ao demonstrar que as instituições são elo fundamental do sistema para sistematizar os esforços de colaboração e aprendizado tecnológico. O modelo baseou-se em uma abordagem *top-down* estruturada em uma organização setorial (*Australian Wine and Brandy Corporation*) e uma instituição de pesquisa (*Australian Wine Research Institute* - 1955), para fortalecer a relação com a intervenção governamental. O modelo obteve sucesso ao racionalizar, coordenar e estabelecer prioridades na orientação e estratégia das exportações (Cusmano *et al*, 2008; Aylward, 2004)

O desenvolvimento industrial com a organização institucional foi primeiramente estimulado pela atuação governamental, com a criação da *Australian Wine and Brandy Corporation* (AWBC) em 1981, responsável pelo *marketing* das exportações e pela resolução de conflitos entre os pequenos e os grandes agricultores do setor. Entre 1988 e 1992, outras instituições importantes foram criadas com diferentes objetivos e atuações complementares entre si: *Australian Wine Foundation* (1988), que elaborou a estratégia prospectiva do setor (*Strategy 2025*); *The Grape and Wine Research and Development Corporation* (1991) para financiar as atividades de P&D; *The Australian Wine Export Council* (1992) para tratar das informações de regulação e certificação e a *Wine Growers Council of Australia* (1992) para representação dos produtores. Além disso, havia duas instituições voltadas exclusivamente para atividades de P&D: a *Cooperative Research Centre for Viticulture*, criada em 1991 para estimular a colaboração em P&D e *Australian Wine Research Institute*, que já existia desde a década de 50<sup>12</sup>. Em seguida, a formação de recursos humanos nas universidades e o treinamento foram elementos decisivos neste processo, com destaque para a atuação da *Roseworthy College e Charles Sturt University*. Posteriormente, a *Monash University* começou a oferecer cursos especializados em vinhos, sendo que atualmente 38 organizações (incluindo duas empresas

---

<sup>12</sup> Para mais informações sobre essas instituições sugerimos a consulta em <http://www.wineaustralia.com/australia/Default.aspx?tabid=324> (acesso em 14/04/2010).

produtoras) oferecem treinamento e capacitação na indústria (Smith e Marsh, 2007). O quadro a seguir ilustra a importância do desenvolvimento institucional na indústria de vinhos Australiana.

**QUADRO 2.3. PRINCIPAIS ASSOCIAÇÕES DA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS DA AUSTRÁLIA**

|                    | <i>Wine Makers Federation of Australia (WFA)</i> | <i>Wine Grape growers Council of Australia (WGCA)</i> | <i>Australian Wine and Brandy Corporation (AWBC)</i>                      | <i>Grape and Wine Research and Development Corporation (GWRDC)</i>          | <i>Australian society for wine education</i>    | <i>Australian wine institute</i> | <i>Co-op research center for viticulture</i> | <i>Wine industry education and training group</i>    | <i>Wine Australia</i>      |
|--------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|
| Missão             | Representar os produtores                        | Representar os produtores                             | Autoridade estatutária, regulação de qualidade e promoção das exportações | Autoridade estatutária, determinar estratégia de P&D e financiamento de P&D | Facilitar e promover a educação local em vinhos | Pesquisa e Desenvolvimento       | Pesquisa e Desenvolvimento                   | Coordenar as instituições educacionais e a indústria | Exposição setorial bianual |
| Recursos (1997-98) | \$1,4 mi                                         | \$2,0 m                                               | \$6,4 m (1998)                                                            | \$4,9 m                                                                     | \$200,000                                       | \$4,0m                           | \$6,0m                                       | -                                                    | \$5m                       |
| Staff              | 5                                                | 1                                                     | 26                                                                        | 25                                                                          | 1                                               | 45 (15 PhDs)                     | 45                                           | 1                                                    | 2                          |

Fonte: Elaboração própria a partir de Smith e Marsh (2007: 236).

#### 2.3.4. O sistema setorial de inovação e a base de conhecimento

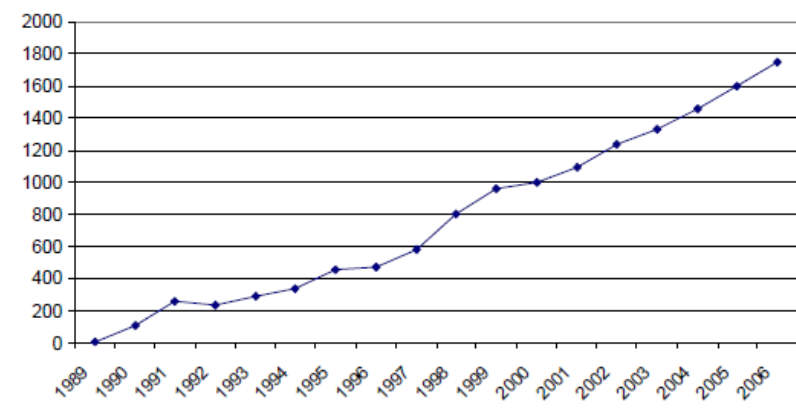
Essa amplitude e variedade de instituições tiveram papel fundamental no fomento à interação e colaboração entre os agentes da indústria, principalmente nas décadas de 1980-90, para conscientizá-los da sua importância para que a *Strategy 2025* se tornasse bem sucedida.

Além disso, a P&D industrial assume um caráter estratégico ao integrar a estratégia de inserção internacional competitiva dos empresários do setor, principalmente por meio do desenvolvimento de novas variedades de uvas e da mecanização dos processos produtivos, mas ajustado às condições climáticas e especificidades locais.

*“The approach of “building up” wine products fitting international taste is in fact based on an “innovative scientific approach to production. The timing and alignment of R&D strategies with market objectives is a key factor in the New World rapid catching up and it has gradually become a focal competitive strategy across Old and New World. The market-driven scientific turn has been having enormous effect not only on the industry knowledge base, but also, and foremost, on the relevant industry actors. Universities and scientists have emerged as key players, as the ties between industry and research institutions have become ever more important” (Cusmano et al, 2008: 20).*

Dessa forma, na indústria de vinhos “moderna” os novos entrantes integraram a P&D em sua estratégia para inserção global e foram capazes de integrar a cadeia produtiva localmente, como demonstra a figura a seguir que ilustra o incremento crescente de publicações sobre as atividades da indústria do vinho no mundo, com destaque para as publicações em biotecnologia.

**FIGURA 2. 4. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE VINHO NO MUNDO ENTRE 1989 E 2006**



Fonte: Cusmano *et al* (2008) a partir de dados da *WEB of Science*.

A importância dos conhecimentos científicos para a integração da cadeia produtiva local foi reconhecida já nos anos 1960, com a criação de um grande programa de P&D apoiado pelo governo na *Commonwealth Scientific and Industrial Organization* (CSIRO)<sup>13</sup>. Embora a instituição tenha sido fundada em 1920 pelo governo federal para fortalecer a pesquisa aplicada e a interação com o setor privado, somente na década de 60 o instituto promoveu este amplo programa de pesquisa em temas relacionados à indústria do vinho, com destaque para as áreas de mecanização do plantio e poda, resistência de sistemas de raízes e desenvolvimento de novas variedades. Atualmente o CSIRO possui 20 divisões de pesquisa, 6300 funcionários e lucro anual de US\$ 500 milhões (Smith e Marsh, 2007).

<sup>13</sup> Mais informações em <http://www.csiro.au/> (acesso em 14/04/2010).

**QUADRO 2.4. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA CADEIA PRODUTIVA DE VINHOS DA AUSTRÁLIA**

| Grande Área do Conhecimento                            | Inovações específicas                                                   |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Viticultura                                            |                                                                         |
| <i>Mecanização</i>                                     | Mecanização da colheita e da poda, manipulação das videiras             |
| <i>Estocagem das uvas</i>                              | Seleção de novas variedades segundo as condições do país                |
| <i>Práticas de irrigação</i>                           | Irrigação artificial e pesquisa de estratégias para irrigação           |
| <i>Especificações e testes</i>                         | Análise de solo, maturidade para colheita e poda e classificação de DNA |
| <i>Controle de pragas</i>                              | Controle integrado e uso mínimo de agrotóxicos                          |
| Vinicultura                                            |                                                                         |
| <i>Controle das práticas de fabricação</i>             | Controle de temperatura, oxidação, microbiológico                       |
| <i>Métodos químicos de análise das uvas e do vinho</i> | Volatilidade, acidez, coloração, resíduos de sprays, sabores            |
| <i>Uso de enzimas</i>                                  | Novas variedades                                                        |

Fonte: Seleção própria a partir de Smith e Marsh (2007: 230).

Além desses esforços em atividades de P&D, a indústria fomentou iniciativas para a construção de marca e *marketing* próprios, divulgando amplamente os diferenciais do vinho australiano entre as marcas e regiões do mundo, a fim de inserir-se no segmento “*Premium*” do mercado global. A colaboração entre os agentes foi uma iniciativa fundamental, principalmente se considerarmos que grande parte dos produtores de uvas e vinhos são pequenas e médias empresas.

A análise do sistema setorial de inovação em vinhos australiano demonstra que a interação entre os agentes, o fortalecimento das instituições e de grandes empresas “campeãs nacionais” foram fundamentais para a continuidade dos esforços em atividade de P&D, que resultaram na competitividade do país em determinados produtos de maior valor agregado na cadeia produtiva global. Além disso, percebe-se que o sistema encontra-se estruturado em alguns elementos determinantes. Primeiro, as oportunidades de mercado no mundo são permanentemente identificadas e consolidadas com a criação de competências locais. As economias de escala são elemento decisivo nas ações de distribuição e *marketing* de produtos e geraram ganho expressivo para as empresas e fornecedores locais. Os produtores locais (nas fazendas) também tem buscado ganhos em economias de escala e aumentado sua margem de lucratividade na negociação com processadores com a disponibilidade de insumos de melhor qualidade. Os investimentos em inovações tecnológicas tem se expandido recentemente em função da expansão dos investimentos diretos estrangeiros no país (Anderson, 2000). Houve também uma política de consolidação de

“campeões nacionais” a fim de consolidar empresas capazes de enfrentar a concorrência internacional, sendo que as quatro maiores empresas do setor detêm mais de 80% da produção: *The Orlando Wyndham Group, Fosters Group, BRL Hardly e Southcorp* (Smith e Marsh, 2007).

A base de conhecimento foi fundamental e encontra-se dispersa entre as instituições envolvidas no processo de geração do conhecimento, como discute Smith (2005):

*“Industries such as wine, fabricated metal products, or textiles can involve complex underlying knowledge related the performance properties of processes or products. These knowledge are often created, maintained and diffused by a network of infrastructural institutions. The technological knowledge of the Australian wine industry rests on universities (whose oenology courses were arguably the first in the world to put winemaking on a scientific basis), research institutes, producer associations, R&D funding programs, and an active equipment supply sector”* (Smith, 2005: 8).

Portanto, para manter-se na vanguarda tecnológica e sustentar sua competitividade internacional, a indústria local, por meio de sua forte integração e colaboração institucional, uniu esforços para realizar investimentos em P&D de determinadas atividades da cadeia produtiva, como desenvolvimento de novas variedades de uvas e mecanização dos processos, além da consolidação de marcas de maior valor agregado e atividades correlatas, como as turísticas e de prestação de serviços, o que consolida a integração da cadeia produtiva.

### **2.3.5. A relação usuário fornecedor e o escopo das inovações**

A cadeia produtiva australiana de vinhos ilustra a articulação institucional necessária para a acumulação de competências tecnológicas que permitam uma inserção internacional competitiva. Neste caso podemos perceber que o segmento de equipamentos ocupa um papel importante, principalmente por liderar a mecanização dos processos e direcionar as atividades inovativas do setor na busca pelo incremento do conteúdo tecnológico e do valor agregado. Os fornecedores puderam ser atingidos por meio dos grandes programas de P&D industrial fomentados pelo governo e pela articulação de ICTs e associações, as quais tiveram papel importante para articular e difundir essa cultura de inovação no empresariado local, principalmente nas pequenas e médias empresas que atuam no setor de vinhos do país.

A capacitação tecnológica dos fornecedores locais ainda está em um estágio mais incipiente se compararmos com a experiência da cadeia de PGN na Noruega a partir dos elementos discutidos

no Sistema Setorial de Inovação, já que ainda estão iniciando suas atividades tecnológicas locais. Por outro lado mas estes são agentes importantes na medida que são capazes de transformar a cadeia produtiva na busca por economias de escala e rupturas em suas atividades tecnológicas, principalmente no que se refere à construção de uma marca e do *marketing* em segmentos específicos da cadeia. A incipiência se refere tanto ao fato de ainda não estarem criando capacidades de absorção nos fornecedores locais como também no escopo da inovação, já que são inovações tecnológicas criadas a partir de aplicações e processos de outras atividades na indústria do vinho, ainda pouco sofisticadas, mas que tem conseguido uma inserção nos mercados globais.

#### **2.4. Finlândia: a indústria florestal**

A experiência de desenvolvimento industrial da Finlândia é interessante na medida em que demonstra como a especialização em uma indústria baseada em recursos naturais, promovida com a integração da cadeia, pode construir uma trajetória de desenvolvimento econômico e alteração da estrutura produtiva do país:

*“Sweden and Finland were able to upgrade the technological level of their raw-material-based industries and to establish a foundation for a more diversified economic structure... both countries managed to successfully diversify into related activities, such as machinery, engineering products, transport equipment, and various types of services”* (Blomstrom e Kokko, 2007: 213).

A Finlândia apresenta um dos melhores índices de desenvolvimento econômico e distribuição da renda do mundo, demonstrando que o estímulo à agregação de valor e de encadeamentos produtivos em indústrias baseadas em recursos naturais pode ser uma estratégia bem sucedida, capaz de auxiliar na estratégia de diversificação industrial no longo prazo, como destaca Schienstock (2004):

*“Demonstrate the Finland’s capability to create a new knowledge-based national development path, in a country that in the 1980 was known as a forest economy. Finland is one of the very few countries that managed to catch up with the most advanced industrial economies within a very short period of time. By applying a systemic transformation approach, Finland has become a leading country in the new knowledge paradigm”* (Schienstock, 2004: xii).

### **2.4.1. Histórico e competitividade**

O desenvolvimento da cadeia produtiva florestal na Finlândia favoreceu-se das condições geográficas e climáticas locais e da abundância desses recursos, que ficou conhecida como “ouro verde” devido à importância relativa das exportações de madeira, papel e celulose. O país é o mais rico em florestas da Europa<sup>14</sup>: há 20,3 milhões de hectares disponíveis para a produção de madeira e ocupa a 5ª. posição em termos de disponibilidade madeira.

O desenvolvimento a partir de indústrias baseadas em recursos naturais se consolidou nos seguintes setores da Finlândia: florestal, minas/metallurgia, naval e energia. O setor florestal foi o complexo mais amplamente desenvolvido a partir da transformação da madeira e agregação de valor aos seus produtos, nos quais se destacam a pasta de papel, o papel, o cartão e a madeira serrada; e por uma presença cada vez mais forte em todos os segmentos de equipamentos e maquinaria relacionados. Os avanços na área das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) são parte de uma estratégia recente, cuja expressão é dada pela competitividade da Nokia. Vale mencionar aqui a trajetória de diversificação produtiva da Nokia, que ilustra esses indicadores recentes da Finlândia. A empresa foi fundada em 1865 e dedicava-se à produção de papel. No fim do século, a empresa passou a fabricar também produtos de borracha, considerados mais avançados tecnologicamente naquele período. Em 1912, foi criada uma divisão de cabos, que posteriormente expandiu-se para um departamento de eletrônica na década de 1960. A competitividade em telecomunicações consolidou-se com a fusão de três empresas (Suomen Gummitehdas Oy Nokia Ab e Suomen Kaapelitehdas Oy) com inovações importantes nos anos 1990 (Haikio, 2002). Estima-se que atualmente a Nokia contribua com aproximadamente 24% das exportações, 2,7% do PIB, 40% dos gastos privados em P&D e 1% dos empregos do país (Ali-Yrkko, 2001; Rouvinen e Yla-Anttila, 2003). Esses esforços recentes no país demonstram uma busca pela maior diversificação da estrutura produtiva e pela redução da dependência de seus recursos naturais, além da promoção de investimentos no Sistema Nacional de Inovação local. É interessante notar que oficialmente a Finlândia foi o primeiro país-membro da OECD a reconhecer a definição de Sistema Nacional de Inovação na elaboração de políticas públicas (Schienstock, 2007).

A indústria florestal é geralmente vista como uma indústria madura de baixa tecnologia e com restritas oportunidades para desenvolvimento. No entanto, há autores críticos a essa visão porque

---

<sup>14</sup> Segundo o indicador participação relativa das terras com florestas.

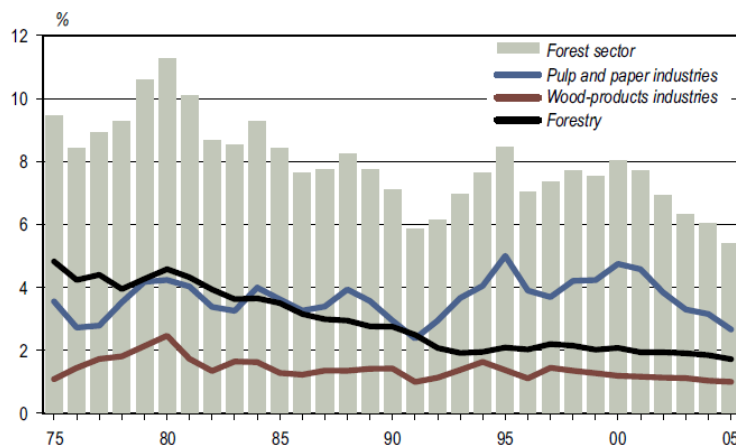
identificam elementos dinâmicos nessa indústria. Blomstrom e Kokko (2007) consideram o cenário de longo prazo positivo para o desenvolvimento da cadeia produtiva florestal, por vários elementos: 1) demanda elevada para produtos derivados da madeira; 2) conhecimentos e capacidades usados pela indústria estão continuamente sendo melhorados devido ao ambiente competitivo; 3) surgem novos usos para os recursos florestais diariamente; 4) a madeira tem se tornado um insumo de importância crescente para a indústria da construção e 5) uma indústria essencialmente “green”, no sentido de que todos os produtos são biodegradáveis e podem ser reciclados ou usados na geração de energia.

Mas a integração da cadeia produtiva foi construída “passo a passo” entre os setores de produção de madeira, papel e celulose, empresas de engenharia mecânicas e várias outras de fornecedores em energia, química e serviços de manutenção em geral. A indústria se tornou competitiva em função da combinação de diversos fatores como a especialização de empresas no setor florestal, formação de operações em consórcio, modernização tecnológica e a intervenção estatal. Esta competitividade possibilitou uma inserção diferenciada nos mercados internacionais, sendo que o setor chegou a contribuir com cerca 40% das exportações da Finlândia em 1980, como ilustram a figura e a tabela a seguir (Schienstock, 2007). Esta estratégia de integração da cadeia produtiva é o elemento mais importante da experiência Finlandesa:

*“Sweden and Finland were able to upgrade the technological level of their raw-material-based industries and to establish a foundation for a more diversified economic structure. Over time, both countries managed to successfully diversify into related activities, such as machinery, engineering products, transport equipment, and various types of services. Many of today’s developing countries have abundant supplies of natural resources, but few countries seem to base their long-term development strategies on resource-intensive sectors” (Blomstrom e Kokko, 2007:213-4).*



**FIGURA 2. 5. PARTICIPAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL NO PIB DA FINLÂNDIA, EM %, ENTRE 1975 E 2005**



Nota: Dados de 2004 e 2005 são estimativas.

Fonte: *Ministry of Agriculture and Forestry* (2006).

**TABELA 2. 7. EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO RELATIVA DA CADEIA FLORESTAL NA FINLÂNDIA, SEGUNDO INDICADORES SELECIONADOS, ENTRE 1980 E 2008**

|                                                  | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 |
|--------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Participação nos empregos, %</i>              |      |      |      |      |      |      |      |
| Indústria da madeira                             | 2,4  | 1,8  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 1,2  |
| Indústria de polpa e papel                       | 2,4  | 2,1  | 1,9  | 1,9  | 1,7  | 1,4  | 1,0  |
| Total da indústria florestal                     | 4,8  | 3,9  | 3,4  | 3,4  | 3,1  | 2,6  | 2,2  |
|                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Participação no PIB (valor adicionado), %</i> |      |      |      |      |      |      |      |
| Indústria da madeira                             | 2,5  | 1,3  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 1,0  | 0,8  |
| Indústria de polpa e papel                       | 4,2  | 3,6  | 2,9  | 5,0  | 4,8  | 2,6  | 2,1  |
| Total da indústria florestal                     | 6,7  | 4,9  | 4,4  | 6,4  | 6,0  | 3,6  | 2,9  |
|                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Participação na produção industrial, %</i>    |      |      |      |      |      |      |      |
| Indústria da madeira                             | 9,0  | 5,2  | 6,3  | 5,5  | 4,6  | 4,3  | 3,5  |
| Indústria de polpa e papel                       | 15,4 | 14,5 | 13,0 | 19,8 | 18,1 | 11,3 | 9,5  |
| Total da indústria florestal                     | 24,4 | 19,7 | 19,3 | 25,3 | 22,7 | 15,6 | 13,0 |

|                                        |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                        |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Participação nas exportações, %</i> |      |      |      |      |      |      |      |
| Indústria da madeira                   | 13,4 | 7,1  | 7,1  | 6,9  | 5,2  | 4,7  | 3,5  |
| Indústria de polpa e papel             | 29,0 | 29,1 | 30,5 | 26,9 | 20,8 | 15,3 | 13,6 |
| Total da indústria florestal           | 42,4 | 36,2 | 37,6 | 33,7 | 26,1 | 20,0 | 17,1 |

Fonte: Finish Forest Industries Federation, 2010.

Esta tabela mostra a importância da indústria florestal nos anos 1980 e sua redução progressiva até 2008. Em 1980 a indústria respondia por 42% das exportações, 25% da produção industrial, 7% do valor adicionado e 5% da geração de empregos, revelando a elevada especialização da Finlândia no setor. Já em 2008, nesses mesmos indicadores, a contribuição setorial era de 17%, 13%, 3% e 2%, respectivamente. O setor florestal estaria envolvido em processo de “destruição criativa”, que revolucionaria a estrutura da indústria existente e impulsionaria um processo de transformação estrutural. Os principais fatores que determinaram essas mudanças, que resultaram na perda da competitividade do país neste setor, foram: 1) maior diversificação da estrutura industrial do país, com incremento da participação relativa de outras indústrias, como a de eletrônicos e serviços; 2) a globalização reduziu os custos de produção da atividade florestal em outros países e aumentou a concorrência na indústria mundial; 3) o desenvolvimento de novas tecnologias e a fabricação de navios de ferro (em substituição da madeira) (Hetemaki, 2010).

Mesmo considerando o cenário atual de perda de competitividade desta indústria, a experiência Finlandesa é interessante na estruturação dos elos de uma cadeia produtiva com o restante das atividades econômicas do país. A intervenção governamental foi importante para direcionar a estratégia de desenvolvimento e incentivar o investimento privado. O desenvolvimento do complexo industrial florestal foi estruturado nos esforços em P&D, formação educacional e na criação de competências tecnológicas e logística, como ilustra a figura abaixo.

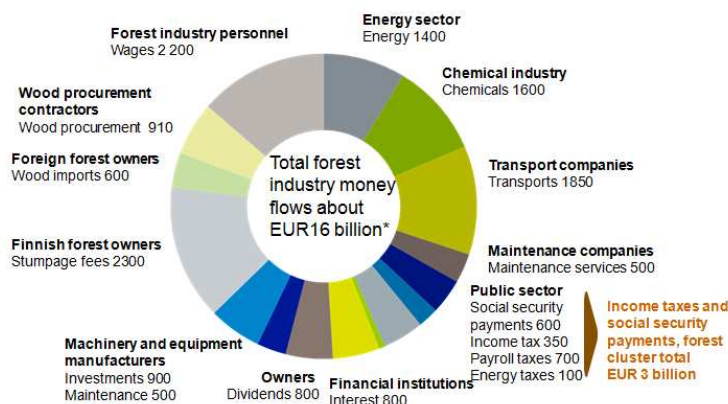
**FIGURA 2. 6. ESTRUTURANTES DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA**



Fonte: *Finish Forest Industries Federation*, 2010.

O desenvolvimento das indústrias correlatas são uma evidência dos encadeamentos entre o setor florestal e a estrutura industrial no país até os dias atuais. O primeiro gráfico a seguir demonstra a participação das empresas de cada um dos elos da atividade produtiva no setor segundo os fluxos monetários (em milhões de euros) em 2008. Já o segundo gráfico ilustra a evolução da participação de cada um dos segmentos industriais correlatos, dentre os quais vale destacar o incremento das atividades da eletrônica.

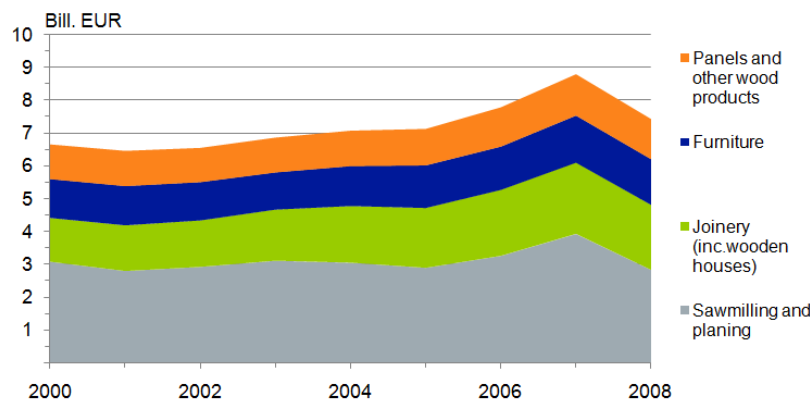
**FIGURA 2. 7. PARTICIPAÇÃO NAS VENDAS DOS SEGMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA, EM 2008**



Fonte: *Finish Forest Industries Federation*, 2010.

A distribuição do valor agregado entre as várias atividades da cadeia produtiva também oferece um retrato interessante da indústria. A maior parte do valor agregado está no segmento de construção e serralheria, com aproximadamente 3 bilhões de euros, seguido da marcenaria com cerca de 1 bilhão de euros e segmento de madeira destinada à construção de móveis.

**FIGURA 2. 8. DISTRIBUIÇÃO DO VALOR AGREGADO NA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL DA FINLÂNDIA ENTRE 2000 E 2008**



Fonte: *Finish Forest Industries Federation*, 2010.

Diante desses indicadores, podemos considerar que o desenvolvimento da indústria florestal da Finlândia foi estruturado em duas estratégias: integração da cadeia a partir de segmentos específicos para sua diversificação e agregação de valor. Com o aumento das regulamentações para o manejo florestal na década de 1990, a indústria adotou uma estratégia de foco em produtos de maior valor agregado por vários motivos: 1) avançar na cadeia em etapas de processamento para reduzir as desvantagens de custos nas matérias-primas; 2) fabricar produtos mais avançados com preço e lucratividade superior; 3) acumular ganhos na integração da fabricação de papel e celulose com os estágios da produção *downstream* e, por último, 4) reduzir a volatilidade dos mercados com produtos de maior nível de processamento. A segunda estratégia adotada foi a de especialização relativa, com ênfase no desenvolvimento de produtos com preços mais elevados e margens de lucro mais expressivas, com incremento da customização, o que exige uma maior aproximação com os clientes ao invés de complexidade tecnológica (Blomstrom e Kokko, 2007), sendo que:

*“The domestic operations are moving away from commodities, such as market pulp and newsprint, and are focusing more closely on specialized products requiring high proportions of virgin fibers...the strategies in other products groups, such as sawn goods, are also characterized by an emphasis on high-quality products, added value, and greater material processing”* (Blomstrom e Kokko, 2007: 240).

#### **2.4.2. O sistema setorial de inovação e a base do conhecimento**

Um programa fundamental para o planejamento industrial e tecnológico do setor florestal<sup>15</sup> na Finlândia foi o *National Forest Programme* (NFP), cujo objetivo foi consolidar as atividades do setor, explorar a biodiversidade e garantir a conservação dos recursos locais. O programa foi aprovado em 1999 e sua implementação foi realizada em 2000 pelo Ministério da Agricultura e das Florestas. Em 2005 o plano foi revisado e estendido até 2015, junto com o lançamento do Programa de Biodiversidade e Florestas do Sul da Finlândia.

Com relação às instituições, destacamos a atuação da *Finnish Wood Research Ltd* e da *Finnish Pulp and Paper Institute* (KLC). A *Finnish Wood Research Ltd*, criada em 1988, é uma organização de pesquisa privada, financiada pelos maiores fabricantes da indústria florestal, que organiza e coordena as atividades de P&D do setor e articular iniciativas para o seu financiamento<sup>16</sup>. Essa organização teve importância reconhecida para os resultados competitivos da indústria e atualmente seus apoiadores são responsáveis por 2/3 de toda a atividade produtiva do setor. Já a *Finnish Pulp and Paper Institute* é um instituto de pesquisa independente, fundado em 1916, que atende principalmente aos segmentos de papel e celulose. Apesar disso, está envolvido em projetos de P&D em cooperação com outros segmentos, como a química, com cerca de 300 funcionários e um orçamento de 104 milhões, financiado 56% pela indústria, 13% por recursos públicos e 31% por contratos de pesquisa e projetos (Numminen, 1996).

Numminen (1996) realizou uma ampla análise sobre o Sistema Nacional de Inovação da Finlândia e coletou dados sobre a indústria florestal como um estudo de caso, destacando a importância das atividades inovativas das indústrias correlatas (química e mecânica, dentre

---

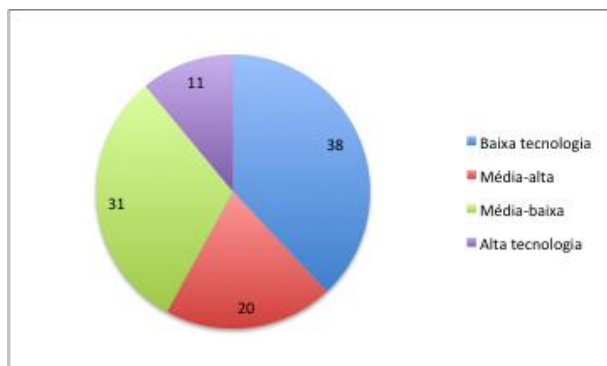
<sup>15</sup> A ênfase aqui é no sistema de inovação da cadeia florestal, para mais detalhes sobre a estrutura do Sistema Nacional de Inovação Finlandês sugerimos a consulta em Arbix e Varon (2010).

<sup>16</sup> Mais informações podem ser consultadas em <http://www.forestindustries.fi/juurinyt/Tiedotteet/Pages/FinnishWoodResearchLtdospurresearchinthewoodproductsindustry.aspx> (acesso em 17/04/2010).

outras) no desempenho do setor. Na indústria química, há elevado conteúdo local com intenso desenvolvimento de processos, o que requer forte interação com os produtores de papel e celulose e seus fornecedores. Já na indústria mecânica, os fabricantes de máquinas tem importância reduzida na geração de inovações, se comparados ao segmento químico, porque as grandes empresas cooperam entre si e com seus fornecedores. Com relação aos fornecedores de máquinas do setor de bens de capital pode-se considerar que tiveram fundamental importância no desempenho do setor. Até 1950 o segmento era dominado por tecnologia importada, sendo que nos anos 1950/1960 esses fabricantes realizaram contratos de licenciamento de tecnologia com os fabricantes estrangeiros e desenvolveram atividades de P&D interna, que resultaram em pequenos melhoramentos e inovações incrementais. Como resultado desses esforços, a origem de 80% das máquinas era local em 1990:

*“Machinery suppliers are a major source for technological development, as the development of products and production processes often proceed simultaneously and the technological edge of the Finnish chemical forest industry is largely due to the cooperation with the machine suppliers”* (Numminen, 1996: 77).

**FIGURA 2. 9. VALOR ADICIONADO NOS SETORES DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DA FINLÂNDIA SEGUNDO A INTENSIDADE TECNOLÓGICA EM 1992, EM %**

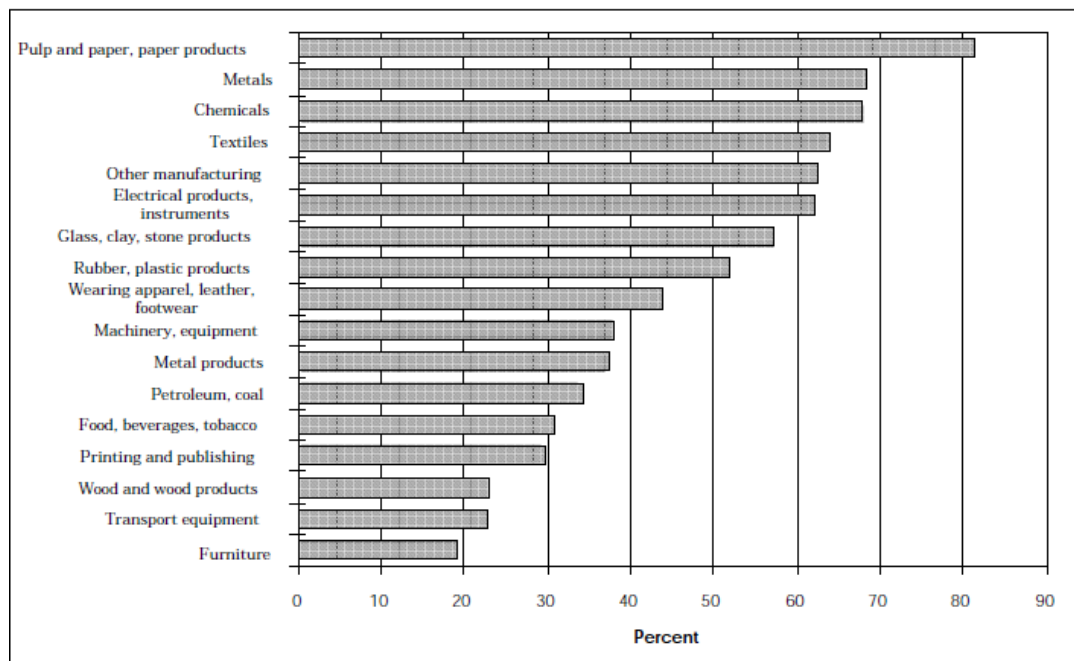


Fonte: Elaboração própria a partir de Numminen, 1996: 9.

Até a década de 90, a estrutura da indústria de transformação era predominantemente dominada por atividades de LMT, que respondiam por cerca de 60%, como demonstra a figura acima. De maneira geral, a indústria florestal apresenta baixo dispêndio em atividades de P&D e o desenvolvimento das tecnologias produtivas, com melhoramentos contínuos baseados na

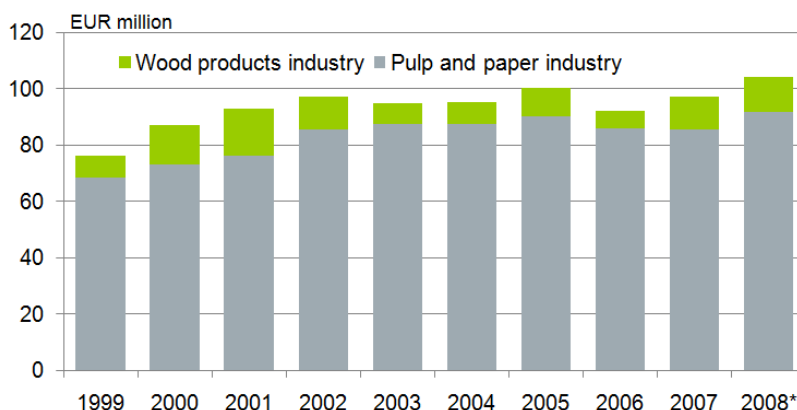
experiência do *learning-by-doing* e aproveitamento das inovações incrementais de outras indústrias, como a química e a mecânica. Esse baixo gasto em P&D se restringe a alguns elos da cadeia produtiva, mas não à sua totalidade. No segmento de celulose e papel, existe forte interação e cooperação entre os agentes, ou seja, grande parte da P&D é realizada pelas universidades e institutos públicos e pesquisa, os quais realizam cooperação tecnológica com as firmas inovativas, como mostra o elevado percentual em papel (70%) e celulose na figura a seguir. Dentre as universidades destacamos a atuação da Universidade de Tecnologia de Helsinki e da Universidade de Tecnologia de Lappeeranta.

**FIGURA 2. 10. PARTICIPAÇÃO DAS EMPRESAS EM COOPERAÇÃO PARA P&D, POR CADEIA PRODUTIVA, EM %, EM 1991**



Fonte: Numminen, 1996: 25.

**FIGURA 2. 11. EVOLUÇÃO DOS GASTOS EM P&D DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL, EM MILHÕES DE EUROS, ENTRE 1999 E 2008**



Fonte: *Finish Forest Industries Federation*, 2010.

Os gastos em P&D são relativamente baixos e se concentram no segmento de papel celulose. No entanto, os gastos em P&D de forma indireta são significantes, como mostra a tabela a seguir, os quais permanecem concentrados na forma de aquisição de máquinas e equipamentos, como destacado anteriormente sobre o papel dos fabricantes de bens de capital nas atividades inovativas do setor.

**TABELA 2. 8. INTENSIDADE TECNOLÓGICA DOS SEGMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL SEGUNDO A DEMANDA FINAL EM 1989**

| <i>Indústria</i>                             | <i>Intensidade tecnológica total dos resultados da manufatura para a demanda final por recursos em 1989, em %</i> |                         |                         |                   |                   |                               |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
|                                              | Direto                                                                                                            | Intermediária doméstica | Intermediária importada | Capital doméstico | Capital importado | Intensidade tecnológica total |
| <i>Madeira (exceto móveis)</i>               | 0,75                                                                                                              | 1,43                    | 0,05                    | 0,59              | 1,59              | 4,41                          |
| <i>Móveis (inclui metais e plásticos)</i>    | 2,02                                                                                                              | 1,45                    | 0,41                    | 0,54              | 1,44              | 5,84                          |
| <i>Polpa e papel, produtos de papel</i>      | 3,13                                                                                                              | 2,00                    | 0,18                    | 2,01              | 3,27              | 10,60                         |
| <i>Publicações e impressões</i>              | 0,20                                                                                                              | 1,46                    | 0,16                    | 1,03              | 2,17              | 5,02                          |
| <i>Máquinas fabricantes de polpa e papel</i> | 12,01                                                                                                             | 1,25                    | 0,25                    | 0,72              | 1,04              | 15,27                         |
| <i>Total da manufatura</i>                   | 6,72                                                                                                              | 1,77                    | 0,80                    | 0,97              | 1,90              | 12,15                         |

Fonte: Elaboração própria a partir de Numminen, 1996: 78.



Portanto, o sistema setorial de inovação caracteriza-se pela forte interação e cooperação para as atividades inovativas, sendo que a P&D propriamente dita se concentra nos fabricantes de bens de capital e nos grandes produtores de papel e celulose. As instituições de pesquisa e universidades tem atuação expressiva na geração de inovações tecnológicas e as políticas públicas tiveram papel importante na definição de incentivos para o desenvolvimento industrial. Diante disso, podemos considerar que a competitividade da indústria florestal da Finlândia teve três principais determinantes. Primeiramente, um aparato institucional adequado, que definiu as regras e incentivos para estimular a exploração desses recursos naturais. Em segundo lugar, as políticas comerciais orientadas para as exportações foram decisivas para expor à concorrência global os grandes produtores e induzi-los aos esforços para produção e capacitação local. Por último, a geração e difusão dos conhecimentos, envolvendo empresas, universidades e institutos de pesquisa foi determinante para a sustentação dessa competitividade no longo prazo (Blomstrom *et al*, 2002).

#### **2.4.3. A relação usuário fornecedor e o escopo das inovações**

Os fabricantes de máquinas e equipamentos da indústria florestal da Finlândia foram um elemento fundamental desta transformação da cadeia, capaz de gerar transbordamentos produtivos e tecnológicos para o restante da estrutura industrial. Até 1950 os fabricantes trabalhavam com tecnologias importadas, sendo que nos anos 1950/1960 esses fabricantes realizaram contratos de licenciamento de tecnologia com fornecedores estrangeiros e articularam várias iniciativas para realizar atividades internas de P&D interna, os quais resultaram em melhoramentos contínuos nos processos e inovações incrementais por meio de inúmeros mecanismos de *learning-by-doing*. Grande parte das atividades de P&D da cadeia produtiva permaneceu sendo executada por grandes fabricantes de bens de capital, os quais demonstraram seu envolvimento num processo de capacitação tecnológica já que em 1990, as máquinas da cadeia tinham um percentual de 80% de conteúdo local.

A acumulação de competências dos fornecedores locais também pode ser evidenciada pela sua capacidade de assimilar inovações tecnológicas de caráter incremental de outras indústrias, como a química e a mecânica, e transformá-las em diferenciais competitivos para a cadeia produtiva florestal, por meio de melhoramentos contínuos em seus processos e incremento das exportações.

Comparativamente às demais experiências analisadas neste capítulo, podemos considerar que a capacitação tecnológica dos fornecedores e escopo das inovações executadas por eles está em um grau acima do caso dos vinhos australianos, mas ainda não foi capaz de alcançar o grau de desenvolvimento e de acumulação de competências da cadeia produtiva de PGN Norueguesa.

## **2.5. Algumas lições a partir das experiências bem sucedidas**

Dentre as experiências internacionais bem sucedidas na exploração de cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais, alguns elementos críticos devem ser mencionados. Reconhece-se que para que as limitações e entraves estruturais intrínsecos dessas indústrias possam ser superados e “a maldição dos recursos naturais” possa ser superada, o desenvolvimento industrial não é um processo automático. Ao contrário, requer intervenções críticas em determinados elementos para que haja o planejamento estratégico das políticas industriais em uma visão de longo prazo.

Isso significa que embora a abundância de recursos naturais seja uma vantagem comparativa inicial, não garante que seja uma oportunidade para negócios sustentados e desenvolvimento industrial no longo prazo. A experiência de países da África e da Arábia Saudita, e até da Holanda, nas atividades relacionadas à indústria de PGN demonstra que “exploração pura e simples”, sem planejamento e estratégia, pode conduzir a efeitos negativos.

Reconhece-se que a amostra examinada contém uma heterogeneidade estrutural, em função tanto das características setoriais de cada cadeia produtiva selecionada, como também do estágio de desenvolvimento, peculiaridades e maturidade industrial do país. O elemento chave que une a amostra é a possibilidade de integração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais com a geração de competências locais cruciais para a competitividade setorial, por diferentes caminhos segundo as oportunidades setoriais emergentes em cada período.

No primeiro caso, na indústria de PGN na Noruega é possível identificar uma trajetória de integração de várias atividades econômicas correlatas por meio da capacitação tecnológica dos fornecedores. As políticas de inovação, combinadas com o marco regulatório e a construção de uma ampla base de conhecimento local foram capazes de integrar a cadeia produtiva e consolidá-la como um *player* competitivo na indústria mundial de PGN, com papel ativo dos fornecedores locais nesse processo. Em outras palavras, os produtos continuaram os mesmos, mas a cadeia

produtiva integrada permitiu a agregação de valor em elos de maior conteúdo tecnológico, particularmente em máquinas e equipamentos que compõem toda a cadeia produtiva de PGN.

No caso da indústria florestal da Finlândia, percebe-se uma trajetória de diversificação dos produtos acompanhada da integração da cadeia produtiva. Os segmentos correlatos de maior conteúdo tecnológico, como a indústria química e de papel, assumem maior participação expressiva na composição do setor em detrimento aos produtos tradicionais de menor valor agregado, como a madeira bruta propriamente dita. Neste processo, os fornecedores locais tem importância expressiva ao identificar esses segmentos correlatos e direcionar o processo de integração da cadeia, embora em menor grau de participação que na cadeia de PGN Norueguesa.

Já na indústria de vinhos da Austrália podemos observar um processo de intensificação do conhecimento e agregação de valor a produtos tradicionalmente artesanais, como vinho. O produto em si continua o mesmo, mas houve uma migração para segmentos de maior reconhecimento mundial e, por consequência, maior valor agregado por meio da incorporação de inovações tecnológicas e organizacionais em seus subprodutos e processos, atividade executada pelos produtos locais e fabricantes de máquinas e equipamentos para a indústria. Neste caso a integração da cadeia foi direcionada para a agregação de valor e não houve uma diversificação do leque de produtos, como aconteceu na indústria florestal da Finlândia. A partir dessas diferentes trajetórias observa-se que existem nichos a serem explorados em indústrias baseadas em recursos naturais, sendo que a estratégia de desenvolvimento deve considerá-los segundo as janelas de oportunidade da indústria mundial no período e as competências já acumuladas localmente para identificar a trajetória local mais plausível.

Com relação às lições das experiências internacionais de sucesso, é importante discutir alguns elementos transversais na trajetória dos países. Primeiramente, temos que considerar que a estratégia de exploração de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais requer um processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais para que seja possível aumentar o conteúdo local das máquinas e equipamentos e desenvolver algumas tecnológicas críticas para a competitividade da cadeia, mesmo que sejam melhoramentos nos processos produtivos e inovações incrementais em produtos de segmentos específicos. Este elemento pode ser observado, em diferentes níveis de acumulação de competências tecnológicas, nas experiências internacionais examinadas.

Em segundo lugar, o país que possui recursos naturais abundantes em determinadas cadeias produtivas deve empreender iniciativas que promovam o adensamento da cadeia produtiva por meio do incremento do valor agregado e do seu conteúdo tecnológico. O ponto fundamental aqui é que não basta “fazer mais do mesmo”, mas sim “fazer de outra forma”, com a capacitação tecnológica dos fornecedores e ampliação da base de conhecimento do Sistema Setorial de Inovação. Neste sentido, a experiência da Noruega com o desenvolvimento dos fornecedores da indústria de PGN e da Finlândia na estruturação de indústrias correlatas como a química, de papel, de máquinas, equipamentos e componentes é bastante ilustrativa.

Um terceiro elemento diz respeito ao papel das instituições para que haja a articulação dos agentes da cadeia produtiva. As instituições devem atuar como um catalisador para envolver os agentes no processo de transformação das atividades e da estrutura produtiva existente, com destaque para a importância das associações industriais e centros de P&D. A experiência da Austrália é única para dimensionar a relevância desse elemento.

Um quarto elemento é considerarmos a importância da atuação governamental. As políticas públicas foram importantes em todas as experiências analisadas, principalmente no financiamento e estímulo das atividades de P&D (tanto em termos de institutos e centros de pesquisa, como também na formação de recursos humanos), na elaboração de uma estratégia de desenvolvimento de longo prazo e na condução de iniciativas, principalmente aquelas com ênfase na capacitação tecnológica dos fornecedores, reconhecidos como estratégicos diante do seu papel como difusor de inovações tecnológicas para o restante da estrutura industrial do país.

Um quinto elemento diz respeito à existência de uma janela de oportunidade na indústria mundial, para ampliar o escopo de mercado alvo da indústria para além do mercado doméstico, o que possibilita a geração de economias de escala com o aumento das exportações. Esse elemento é recomendável, na medida em que permite uma maior dimensão em termos de escala das atividades produtivas para complementar o mercado local.

Com a discussão realizada, consideramos que é possível superar os entraves estruturais do desenvolvimento de indústrias baseadas em recursos naturais por diferentes caminhos, mas isso requer a estruturação de uma estratégia de políticas industriais e de inovação que vislumbre a capacitação tecnológica dos agentes locais e a integração da cadeia produtiva localmente, independentemente das peculiaridades existentes no sistema setorial de inovação existente.



## **Capítulo III: A importância da cadeia produtiva sucroalcooleira na estrutura industrial brasileira**

### **Introdução**

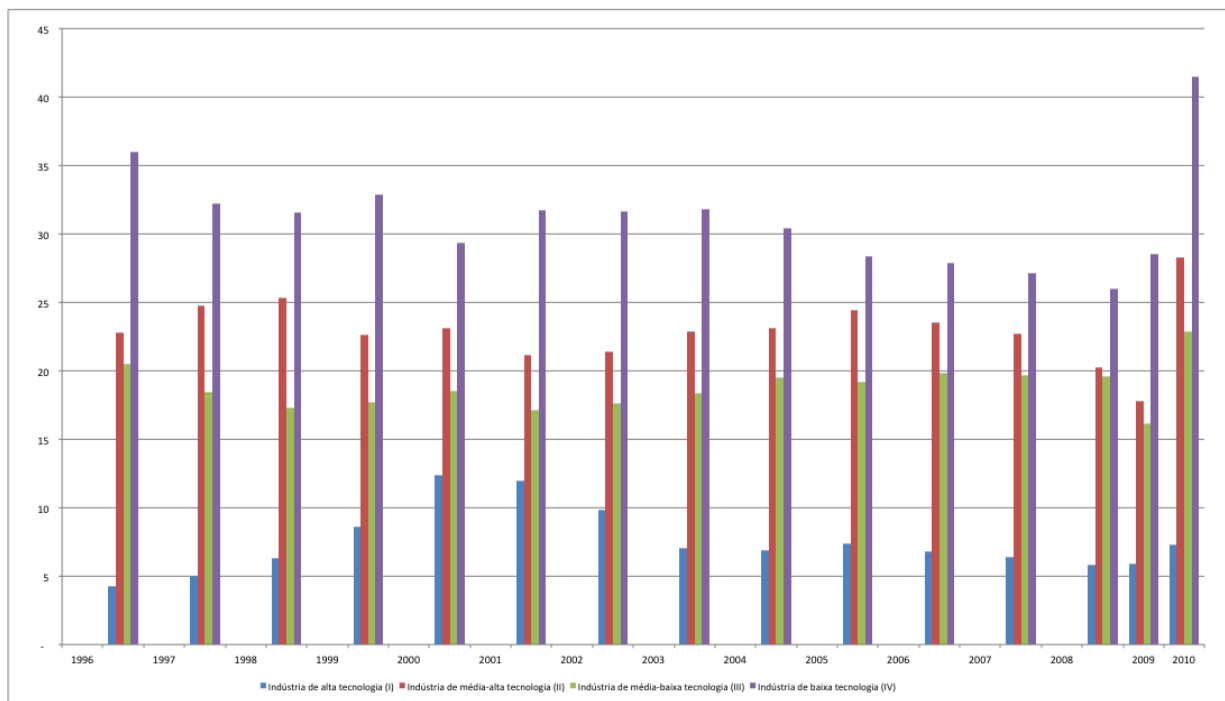
Este capítulo trata do estudo de caso desta tese ao discutir a trajetória e a evolução da cadeia produtiva sucroalcooleira por meio da análise do seu desenvolvimento industrial e do seu padrão inovativo nas últimas décadas. A partir deste contexto, será examinado o papel da capacitação tecnológica dos fornecedores locais no próximo capítulo. O texto está organizado em quatro seções. A primeira seção apresenta uma breve caracterização das indústrias de média e baixa tecnologia na estrutura industrial e no comércio exterior do Brasil a fim de identificar as vantagens comparativas e as competências tecnológicas acumuladas. Em seguida são discutidas as oportunidades emergentes no cenário mundial, as quais justificam a escolha do setor sucroalcooleiro como estudo de caso para este trabalho. A terceira seção descreve as características industriais da cadeia produtiva sucroalcooleira, por meio de vários indicadores que evidenciam o valor agregado localmente. A última seção discute o padrão inovativo da cadeia, com os indícios de que haveria um processo de capacitação tecnológica dos agentes.

### **3.1. Um panorama sobre a estrutura industrial brasileira**

#### **3.1.1. A importância das indústrias LMT na estrutura industrial brasileira**

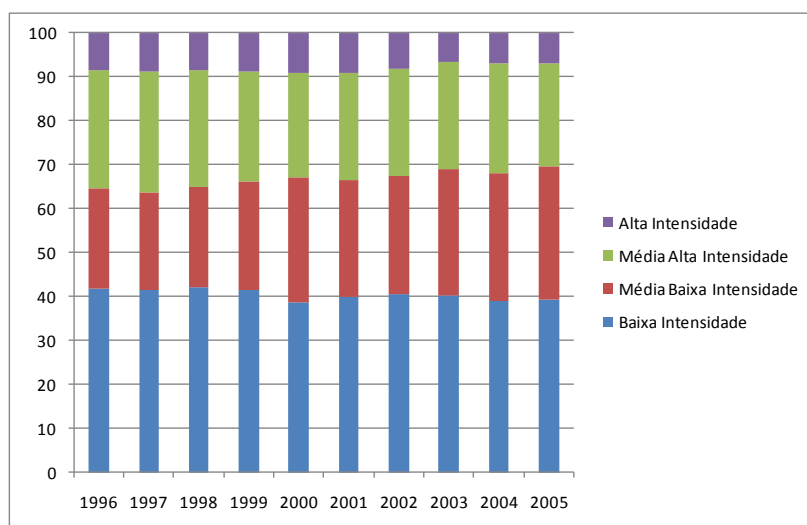
É necessário analisarmos a importância das indústrias LMT para o país a fim de identificarmos as vantagens comparativas e competências já acumuladas na estrutura industrial brasileira, como ilustram os dados a seguir referentes à composição das exportações e da produção industrial brasileira segundo a classificação de intensidade tecnológica da OECD.

**FIGURA 3. 1. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS ENTRE 1996 E 2010**



Fonte: Elaboração da autora segundo dados da SECEX.

**FIGURA 3. 2. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DO VTI DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL BRASILEIRA ENTRE 1996 E 2005**



Fonte: Elaboração NEIT/UNICAMP a partir de dados da PIA/IBGE e segundo metodologia da UNCTAD. Disponível em Almeida e Rodrigues (2008: 17).

A participação relativa das exportações segundo a intensidade tecnológica mostra uma evolução relativamente estável ao longo do período analisado (1996-2009), embora tenha havido uma redução no percentual das indústrias de baixa tecnologia, que partiram de mais de 35% em 1996 para aproximadamente 28% em 2009. O interessante é notar a forte concentração da pauta exportadora brasileira nas indústrias LMT, que responderam por 45% das exportações brasileiras em 2009 enquanto que os setores de alta tecnologia permaneceram em todo o período com uma participação extremamente reduzida de apenas 5%.

Os dados da produção industrial segundo a participação relativa dos grupos de intensidade tecnológica reiteram a importância das indústrias LMT na estrutura produtiva do país. O cenário permanece estável entre 1996 e 2005 já que a variação entre os grupos de intensidade tecnológica é mínima. Somente os setores de baixa intensidade tecnológica respondem por 40%, o que juntamente com os setores de média-baixa tecnologia, totalizam uma participação relativa de aproximadamente 70% em 2005.

Mas estrutura industrial brasileira sempre manteve este perfil ou essa é uma tendência do período recente? Para tentar responder a esta questão, foi realizado um esforço de aproximação para o agrupamento dos setores econômicos segundo a classificação de intensidade tecnológica a partir de dados históricos do Valor de Transformação Industrial (VTI) disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O objetivo desta aproximação foi verificar a existência de alterações significativas na estrutura industrial brasileira nas últimas décadas por meio da análise da participação dos principais setores de atividade econômica das indústrias extrativa e de transformação (em %) segundo o Valor de Transformação Industrial entre 1966 e 2005<sup>17</sup>. Deve-se reconhecer que este retrato é uma aproximação “grosso modo” da evolução da estrutura industrial brasileira, sujeito a críticas e imprecisões, particularmente em determinadas atividades econômicas, como produção e extração de petróleo, que não é apropriadamente caracterizada nesse agrupamento das atividades econômicas. Os dados da evolução da estrutura industrial brasileira entre 1966 e 1995 mostram a relativa estabilidade ao longo dessas três décadas e a maior participação relativa das indústrias LMT. Em 1966 as indústrias LMT respondiam por aproximadamente 65% das atividades industriais e em 1995 detinham cerca de 60%, o que revela a sua participação majoritária na estrutura industrial brasileira. Isto se explica

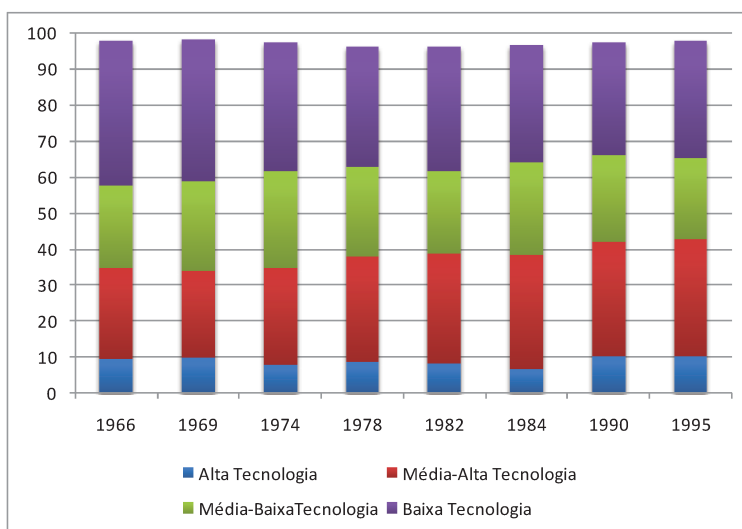
---

<sup>17</sup> Para mais detalhes sobre os dados desagregados consultar o quadro 1 do anexo II com a metodologia utilizada para compatibilizar os grupos de intensidade tecnológica e os dados históricos disponíveis de VTI do IBGE.



pelo padrão de industrialização adotado no início do século e pelo viés primário-exportador da economia brasileira ao longo do processo de formação e consolidação da estrutura industrial.

**FIGURA 3. 3. PARTICIPAÇÃO RELATIVA, EM %, DOS GRUPOS DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL BRASILEIRA, SEGUNDO O VTI, EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1966 E 1995**



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados de VTI do IBGE.

Diante das evidências acerca da expressiva importância das indústrias LMT na estrutura produtiva e na pauta exportadora brasileira comprova-se o argumento discutido por Smith e Jonathan (2005) sobre os eixos prioritários na formulação de políticas industriais. Para os autores deve-se buscar, de um lado, o desenvolvimento de novas competências, no caso brasileiro seria o incremento da participação das indústrias de maior intensidade tecnológica; mas, por outro lado, aproveitar-se das vantagens comparativas e competências existentes e buscar o incremento do conteúdo tecnológico nas cadeias LMT, que no Brasil respondem por grande parte da produção industrial e da pauta exportadora.

Neste cenário, esta tese procurou identificar uma cadeia produtiva LMT que possuísse competências acumuladas a fim de analisar seu desenvolvimento industrial e o padrão inovativo. Dentre os grupos do setor de média-baixa e baixa tecnologia optou-se pela análise da cadeia produtiva sucroalcooleira justificada por dois elementos: a existência de uma janela de oportunidade mundial e a competitividade reconhecida do setor. A partir disso, examinou-se a

contribuição da cadeia na estrutura industrial brasileira, como mostram os indicadores apresentados a seguir.

### **3.1.2. A contribuição da cadeia produtiva sucroalcooleira**

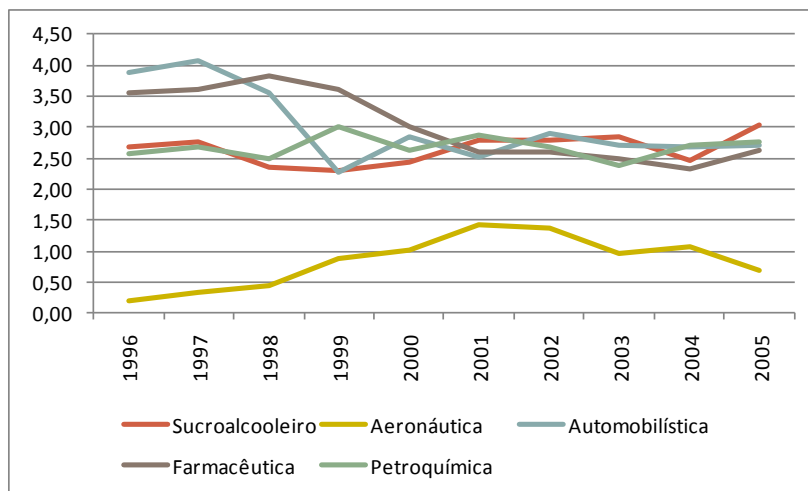
Para verificar a contribuição da cadeia produtiva sucroalcooleira na totalidade da indústria brasileira, foram analisados comparativamente dados do valor adicionado pelo setor nos últimos anos, conforme os dados disponíveis da Produção Industrial Anual (PIA) do IBGE, a partir de 1996. No nível agregado, os dados disponíveis para a cadeia sucroalcooleira que permitem a identificação do valor adicionado referem-se ao indicador VTI disponível na PIA/IBGE entre 1995-2006. Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE – 1.0), a base de dados amplamente utilizada para análises setoriais e estudos industriais, elaborada pelo IBGE o setor sucroalcooleiro é identificado por duas atividades econômicas, seguindo o critério dos 3 dígitos da PIA (empresa). A primeira atividade diz respeito especificamente ao produto açúcar, definido no código 156 – “fabricação e refino de açúcar”. Já a segunda atividade refere-se à produção de etanol, que é parte da divisão 23, na Seção “D” (indústria de transformação), no grupo 234 que diz respeito à “fabricação de álcool”, que envolve as atividades de fabricação de álcool etílico, anidro e hidratado<sup>18</sup> por processamento de cana-de-açúcar, mandioca, madeira e outras fontes. Deve-se reconhecer que essa base de dados possui fragilidades já que considera as diversas fontes de matéria-prima na mesma categoria, sendo impossível analisar somente o etanol a partir da cana-de-açúcar. Inicialmente foi analisada a participação relativa da cadeia produtiva sucroalcooleira no total da indústria de transformação por meio da participação relativa em dois indicadores: o VTI e o Pessoal Ocupado (PO), segundo a evolução dos mesmos entre 1996 e 2005. Em linhas gerais, com relação aos valores absolutos, evidencia-se que o valor adicionado localmente pela cadeia produtiva sucroalcooleira tem magnitude semelhante à indústria petroquímica e é muito maior que a aeronáutica, tendo como referência o ano de 2005. Já em 2006 o setor sucroalcooleiro aumenta sua participação relativa na indústria brasileira e equipara-

---

<sup>18</sup> O etanol ou álcool etílico pode ser classificado como anidro ou hidratado. O álcool etílico anidro, também conhecido como “absoluto”, possui teor de pureza de, no mínimo 99,3%, sendo que sua aplicação mais comum é como combustível, na forma de aditivo à gasolina (segundo percentual que pode variar entre 20% e 25% de acordo com a legislação vigente). Já o álcool etílico hidratado tem 94,5% de teor de pureza, ou seja, maior quantidade de água em sua composição e é usado como combustível direto nos veículos movidos a álcool.

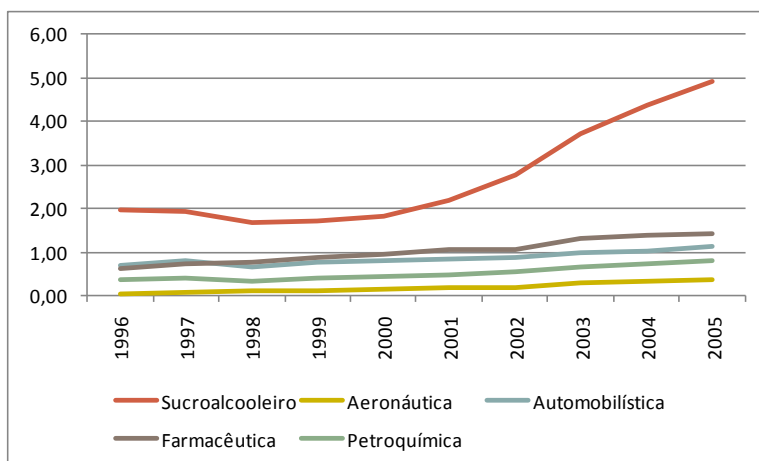
se ao valor gerado pela automobilística, o que reforça a importância do conteúdo local da cadeia na indústria do país. Isto significa que, em termos de valor gerado localmente, o setor sucroalcooleiro é mais importante do que a indústria aeronáutica e é da mesma magnitude que a indústria automobilística.

**FIGURA 3.4. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA, SEGUNDO O VTI, EM %, ENTRE 1996 E 2005**



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados da PIA/IBGE e NEIT/UNICAMP disponíveis em IPT/FIPE (2008) – notas técnicas.

**FIGURA 3. 5. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA SEGUNDO O PESSOAL OCUPADO, EM %, ENTRE 1996 E 2005**



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados da PIA/IBGE e NEIT/UNICAMP disponíveis em IPT/FIPE (2008) – notas técnicas.

**TABELA 3. 1. EVOLUÇÃO DO VTI DE CADEIAS PRODUTIVAS SELECIONADAS ENTRE 1996 E 2006**

|                                 | 2006        | 2005        | 2004        | 2003        | 2002        | 2001        | 2000        | 1999        | 1998        | 1997        | 1996        |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1 Sucroalcooleiro</b>        | 18.183.179  | 15.512.386  | 12.301.698  | 13.932.198  | 13.192.342  | 9.964.065   | 7.114.565   | 8.983.488   | 8.422.227   | 10.225.959  | 10.039.725  |
| <b>2 Petroquímica</b>           | 12.326.041  | 14.159.092  | 13.810.143  | 12.016.083  | 13.285.330  | 12.186.820  | 11.995.122  | 12.342.332  | 8.610.208   | 10.454.276  | 9.695.649   |
| <b>3 Automobilística</b>        | 18.464.843  | 16.202.546  | 15.998.499  | 13.254.477  | 14.311.157  | 13.895.510  | 13.241.318  | 9.658.981   | 14.451.231  | 16.098.140  | 15.663.892  |
| <b>3 Petróleo e Gás natural</b> | 84.862.112  | 81.602.751  | 69.660.765  | 68.976.197  | 58.975.885  | 54.277.982  | 57.007.209  | 36.331.910  | 20.522.987  | 17.026.570  | 20.607.478  |
| <b>4 Farmacêutica</b>           | 14.204.116  | 13.335.615  | 11.503.819  | 11.461.422  | 12.278.109  | 11.320.855  | 12.128.527  | 14.173.529  | 13.310.605  | 12.865.914  | 12.635.636  |
| <b>5 Aeronáutica</b>            | 3.426.087   | 3.478.051   | 5.365.597   | 4.649.710   | 6.550.317   | 6.393.125   | 4.261.656   | 3.421.374   | 1.598.640   | 1.225.796   | 714.224     |
| <b>6 Ind. transformação</b>     | 478.290.575 | 467.069.927 | 444.369.405 | 379.544.345 | 313.847.803 | 273.582.708 | 240.319.531 | 198.869.795 | 167.061.829 | 167.270.375 | 155.053.516 |

Fonte: Elaboração da autora a partir de dados da PIA/IBGE e NEIT/UNICAMP disponíveis em IPT/FIPE (2008) – notas técnicas (1996-2005).

Nota: Valores reais segundo base de R\$ mil de 2005 (deflator indústria de transformação - Contas Nacionais), base 2005.

2007: não há dados disponíveis para o VTI da produção de álcool, por isso optou-se pela exclusão deste ano da série de dados.

Os códigos da CNAE utilizados como referência para a análise das indústrias foram:

341 – Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários.

353 – Construção, montagem e reparação de aeronaves

245 – Fabricação de produtos farmacêuticos

111,112 e 232 – Extração de petróleo e gás natural, prospecção realizada por terceiros e refino de petróleo.

242, 243 – Petroquímica

Embora os dados de evolução apresentados tenham uma série relativamente curta (1996-2005), pode-se notar o crescimento da participação da cadeia produtiva sucroalcooleira no período, tanto em termos de VTI como de PO. Isso evidencia o potencial de agregação de valor do setor localmente e surgem indícios de perspectivas positivas, caso haja uma inserção internacional no longo prazo. Com esses dados, pode-se concluir que a estabilidade da estrutura industrial brasileira tende a se manter diante do incremento da participação das indústrias LMT, sendo que a cadeia produtiva sucroalcooleira desempenha papel importante na indústria brasileira diante do seu conteúdo local expressivo<sup>19</sup>.

### **3.2. Oportunidades emergentes no cenário mundial para a cadeia produtiva sucroalcooleira**

A dinâmica dos setores industriais é condicionada tanto por fatores internos como externos. Nos anos 1970 houve um crescimento da cadeia produtiva sucroalcooleira graças à forte intervenção estatal por meio das iniciativas do Proálcool diante da crise mundial do petróleo, o que impôs a necessidade de buscar alternativas para a substituição do petróleo na matriz energética. Hoje a demanda interna é expressiva, mas são os condicionantes externos que podem exercer maior impacto sobre a dinâmica da cadeia sucroalcooleira. Por um lado, o Brasil não apresenta preocupações com relação à dependência do petróleo nos mercados internacionais graças à descoberta de grandes reservas no pré-sal e por possuir uma matriz energética extremamente “limpa”. Por outro lado, se abre uma janela de oportunidade no cenário mundial excepcional, que combina as tendências otimistas de elevação de preços das *commodities* nos mercados mundiais para a produção de açúcar, com o crescente interesse mundial sobre as vantagens do etanol como fonte de energia sustentável em substituição aos combustíveis fósseis.

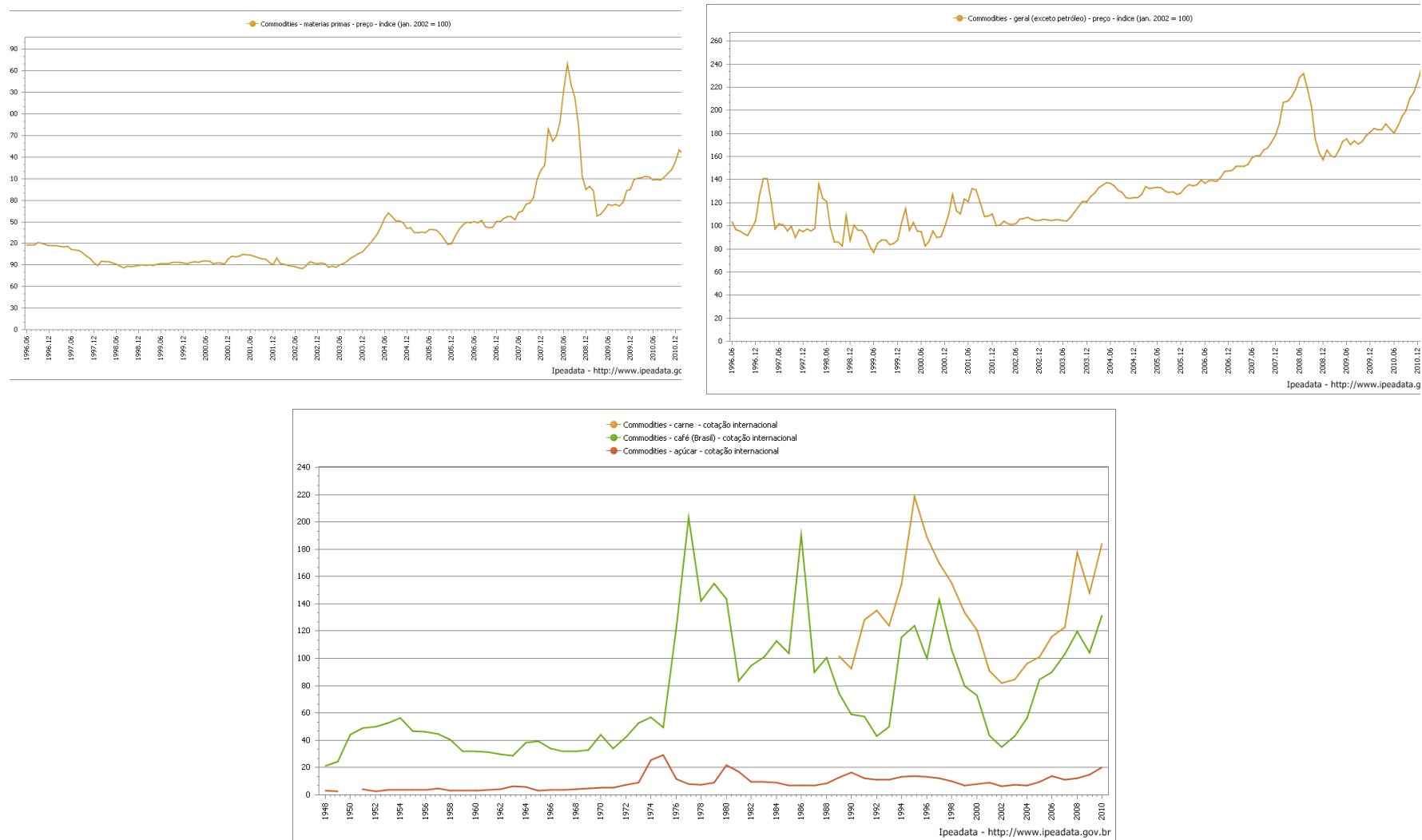
#### **3.2.1. Condições favoráveis no mercado de *commodities***

A tendência otimista de elevação dos preços das *commodities* pode ser vista nos gráficos a seguir, em decorrência do aumento da demanda mundial por esses produtos. Observa-se um aumento contínuo dos preços das *commodities* nos mercados mundiais desde 2002, sendo que a inflexão pontual nesta tendência justifica-se pela crise mundial de 2008.

---

<sup>19</sup> Dados estatísticos adicionais sobre a cadeia produtiva sucroalcooleira podem ser consultados no Anexo II.

**FIGURA 3. 6. EVOLUÇÃO DO PREÇO DE COMMODITIES SELECIONADAS ENTRE 1940 E 2010**



Fonte: IPEADATA (acesso em 02/10/2011) com dados atualizados em 20/09/2011.

O ciclo atual de aumento dos preços das *commodities* é decorrente da demanda mundial por esses produtos, em função do crescimento expressivo de países emergentes, como China e Índia. Estes países apresentaram um crescimento econômico acima da média mundial nos últimos anos. Entre 2007 e 2010, respectivamente, o crescimento do PIB ao ano desses países foi de 13%; 9%; 8,5% e 9% para a China e 9,4%; 7,3%; 6% e 10% para a Índia (*The World Factbook*, 2010).

A demanda chinesa por matérias-primas e produtos intensivos em recursos naturais impôs um novo ritmo ao mercado mundial de *commodities* e pode se tornar uma oportunidade para países em desenvolvimento com abundância de recursos naturais, como o Brasil:

*“A dinâmica atual da economia mundial e o peso das economias de renda média relativamente baixa em forte crescimento podem representar, para o Brasil, uma onda fugaz ou uma oportunidade extraordinária de crescimento e desenvolvimento... outros países beneficiam-se com os ventos da bonança oferecida pela demanda chinesa e pelos seus efeitos derivados. O Brasil ocupa nisso uma posição intermediária: sofre de um lado, beneficia-se do outro lado. É impossível competir com os guarda-chuvas que partem da China a US\$ 0,39, mas os preços das nossas commodities primárias e de muitos produtos industriais intensivos em recursos naturais têm conseguido elevar-se e ter as quantidades avolumadas em decorrência da crescente demanda associada ao crescimento chinês. É possível argumentar que os benefícios serão maiores do que os ônus, mas também pode ocorrer o contrário. Ainda não há um método seguro para alcançar um julgamento definitivo”* (Furtado, 2008: 42).

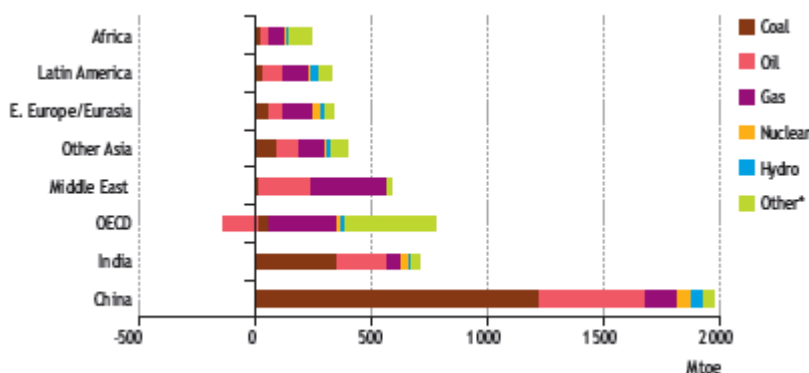
A influência da China nos mercados internacionais gerou um aumento expressivo na demanda mundial de *commodities*, em função do seu elevado crescimento econômico a partir de 2002. O crescimento econômico, impulsionado pela expansão dos setores automobilístico, metalúrgico e de construção civil, ocasionou uma forte pressão sob as *commodities*. Além disso, o crescimento populacional estimulou o consumo por alimentos e *commodities* agrícolas. Por fim, existem fatores conjunturais, como o ingresso do país na Organização Mundial do Comércio (OMC) e as tendências do processo de industrialização e urbanização no país (Prates, 2007). É interessante mencionar que esse aumento da taxa de urbanização das cidades chinesas, gerou importantes alterações no padrão de consumo, o que implica também em mudanças nos hábitos alimentares da população.

### 3.2.2. A preocupação mundial com fontes energéticas “limpas”

Há um interesse mundial crescente nos biocombustíveis (derivados da biomassa de forma geral) motivado por elementos inter-relacionados. Primeiramente, para garantir uma maior segurança energética ao propiciar uma maior diversificação na matriz e redução da dependência dos países produtores de petróleo. Em segundo lugar, pela redução dos custos econômicos diante do aumento e das oscilações de preço do barril de petróleo nos mercados mundiais. Por último, devido a aspectos ambientais, já que pode contribuir para a redução da emissão dos gases de efeito estufa e para o desenvolvimento de áreas rurais (IEA, 2006).

Os dados sobre as perspectivas de demanda energética no mundo são preocupantes e a busca de soluções energéticas sustentáveis em substituição aos combustíveis fósseis torna-se uma necessidade imediata, principalmente quando consideramos os cenários de crescimento da China e da Índia, que irão resultar em um aumento de 45% na demanda global de energia em 2030<sup>20</sup> e a forte dependência destes países de fontes poluentes, como o carvão, o que ilustra a figura abaixo.

**FIGURA 3. 7. PERSPECTIVA DE INCREMENTO NA DEMANDA PRIMÁRIA DE ENERGIA, POR FONTE, NO CENÁRIO ENTRE 2006 E 2030**



Fonte: IEA, 2008: 84.

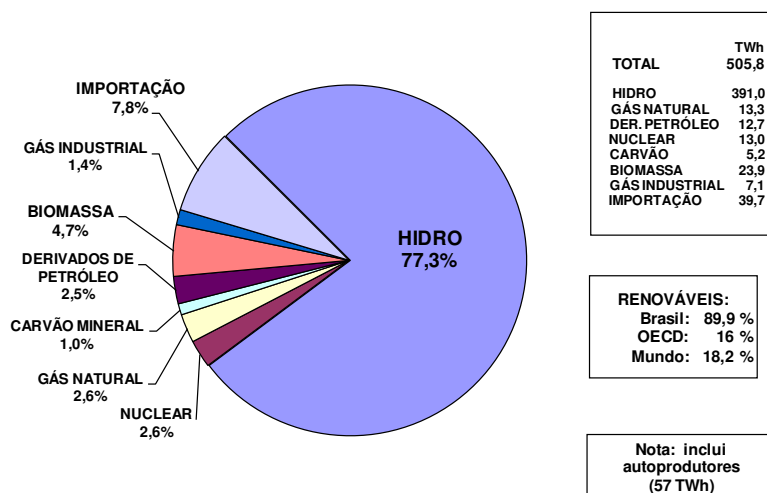
Há uma significativa redução nos gases de efeito estufa, principalmente CO<sup>2</sup>, com o uso do etanol em substituição aos combustíveis fósseis. Estima-se que o etanol do milho reduza em 30%, o etanol de beterraba 45% e o etanol de cana-de-açúcar aproximadamente 85%. Somente no Brasil foram evitadas mais de 800 milhões de toneladas de emissões de CO<sup>2</sup> pelo uso do etanol em detrimento da gasolina, consolidando uma matriz energética “limpa” no país. A matriz energética

<sup>20</sup> Fonte: <http://www.iea.org/journalists/fastfacts.asp> (acesso em 01/07/2010).



brasileira é uma das mais “limpas” do mundo já que se concentra nas fontes de origem hidráulicas e renováveis, que respondem por cerca de 90% da oferta de energia elétrica no Brasil.

**FIGURA 3. 8. MATRIZ DE OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL, EM %, POR ORIGEM**



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2009).

A posição favorável do Brasil na produção de energia renovável também pode ser explicada pelos incentivos governamentais. Segundo estudo recente da KPMG, que comparou as políticas e incentivos adotados em 15 países, o país possui 3 das 10 políticas analisadas: créditos fiscais para investimentos; investimento público, empréstimos e financiamentos e, por último, as licitações públicas. O Brasil se destaca também em termos de créditos fiscais, já que adota descontos de PIS/Cofins e ICMS no setor de etanol e biodiesel, além de não aplicar outros impostos, como a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) nas vendas de etanol e não aplicar o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) em equipamentos para geração de energia elétrica. Por fim, o estudo ainda aponta a importância do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfra) criado em 2002 para viabilizar a implantação/ expansão de fontes alternativas de energia, dentre as quais podemos destacar as usinas eólicas e termelétricas a biomassa<sup>21</sup>.

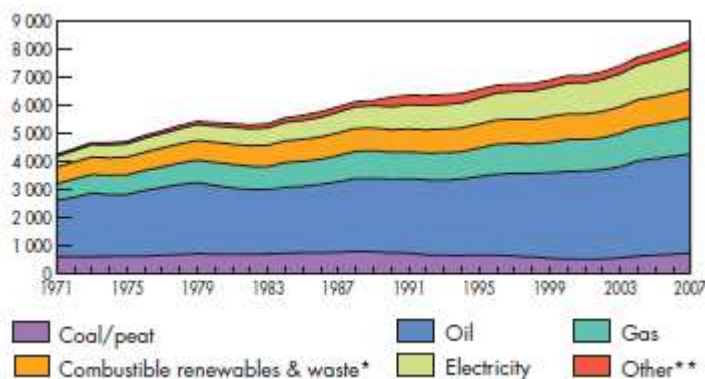
Entretanto, a participação dos combustíveis renováveis no consumo mundial ainda é extremamente pequena (figura 3.9). Embora o cenário seja preocupante em termos de emissão de gases de efeito estufa, isso comprova que ainda há um enorme potencial para a expansão do

<sup>21</sup> Fonte: **Jornal Valor Econômico**, “Incentivos favorecem renováveis”, publicada em 15/09/2011.

etanol na oferta de energia renovável para o mundo, tanto para a geração de energia elétrica como também para a substituição dos combustíveis de origem fóssil.

Vale mencionar também um importante elemento para o etanol brasileiro no cenário mundial: o reconhecimento da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA que o álcool de cana do Brasil é um "biocombustível avançado", já que emite 61% menos CO<sup>2</sup> do que a gasolina<sup>22</sup>, o que deve facilitar a abertura de mercados para o produto em outros países. Além disso, em 2011 a mesma Agência aprovou o uso de gasolina com adição de 15% de etanol para os veículos fabricados entre 2001 e 2006, antes isso só era válido para aqueles produzidos a partir de 2007, o que representa uma expansão em potencial da demanda para etanol nos EUA.

**FIGURA 3. 9. EVOLUÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL, POR TIPO DE FONTE ENERGÉTICA, ENTRE 1971 E 2007**



Fonte: IEA, 2009: 6.

Desta forma, diante das oportunidades emergentes no cenário mundial e as vantagens comparativas e competências acumuladas em indústrias LMT, há uma tendência de manutenção e possível incremento da participação dessas atividades na estrutura industrial brasileira, apontando a necessidade de uma estratégia de aumento do conteúdo tecnológico nesses setores econômicos. Por isso, as próximas seções tratam do desenvolvimento industrial e da dinâmica tecnológica da cadeia produtiva sucroalcooleira brasileiro, estudo de caso desta tese, a fim de verificar o conteúdo científico e tecnológico dessas atividades e o seu potencial para que as oportunidades emergentes no cenário global possam ser devidamente aproveitadas pelo Brasil.

<sup>22</sup> Para ser considerado um "biocombustível avançado" é necessário que haja uma redução das emissões de CO<sup>2</sup> em pelo menos 50%.

### **3.3. Um estudo de caso em atividades LMT: o desenvolvimento industrial da cadeia produtiva sucroalcooleira**

#### **3.3.1. Breve histórico do desenvolvimento da indústria sucroalcooleira no Brasil**

A produção de açúcar é uma das atividades tradicionais do Brasil desde o século XVI com os efeitos positivos do “ciclo do açúcar”, mas trataremos o setor sucroalcooleiro como uma cadeia produtiva integrada para entender sua dinâmica e efeitos nas demais atividades econômicas. Diante deste enfoque, a análise tratará do seu histórico e desenvolvimento principalmente a partir dos anos 1970, diante da sua maior importância relativa e expansão nos mercados internacionais. Esta abordagem alinha-se ao conceito abrangente proposto por Kupfer e Hasenclever (2002), que considera o conjunto das atividades produtivas consecutivas que envolvem a transformação dos insumos em produtos finais. Vale mencionar que a cadeia produtiva sucroalcooleira seria parte do complexo agropecuário, mas deve ser expandido para os encadeamentos produtivos em cadeias correlatas como o setor de máquinas e equipamentos e plásticos, dentre outros. Essa transformação da atividade agrícola em uma cadeia produtiva integrada agroindustrial é resultante da evolução das características estruturais da própria atividade, o que resultaria na configuração atual da cadeia produtiva:

*“O complexo agroindustrial, como resultado do mais rápido crescimento da industrialização da agricultura nas décadas posteriores a 1950, é um fato recente e uma etapa importante da economia agrícola e não só desse setor da produção, mas de toda a economia mundial. Esse fenômeno está sendo responsável por mudanças profundas nas relações entre as atividades econômicas de produção e de distribuição; notadamente nas relações entre agricultura e os demais setores da economia”*  
(Guimarães, 1982: 149).

O autor também apresenta as origens do termo “complexo agroindustrial”, que surgiu na década de 1950 a partir de vários estudos realizados na Europa e EUA sobre a participação das atividades agrícolas nas relações inter-setoriais. Nessas análises demonstrou-se que as atividades agrícolas estavam se tornando cada vez mais integradas e vinculadas ao conjunto produtivo, de um lado, com as indústrias fornecedoras de insumos e equipamento e, de outro lado, com as indústrias compradoras e transformadoras de produtos agrícolas, de acordo com os estágios do processo de industrialização das economias.

O desenvolvimento da cadeia produtiva sucroalcooleira, particularmente do etanol brasileiro está fortemente associado com a realização de políticas públicas e as oscilações de preço do petróleo nos mercados internacionais. Embora o Brasil tenha uma longa história no setor, alguns fatores específicos permitem a identificação de pelo menos quatro fases do seu desenvolvimento industrial (Souza e Hasenclever, 2008), embora existam outros autores que definam esta trajetória de forma mais restrita ou estendida.

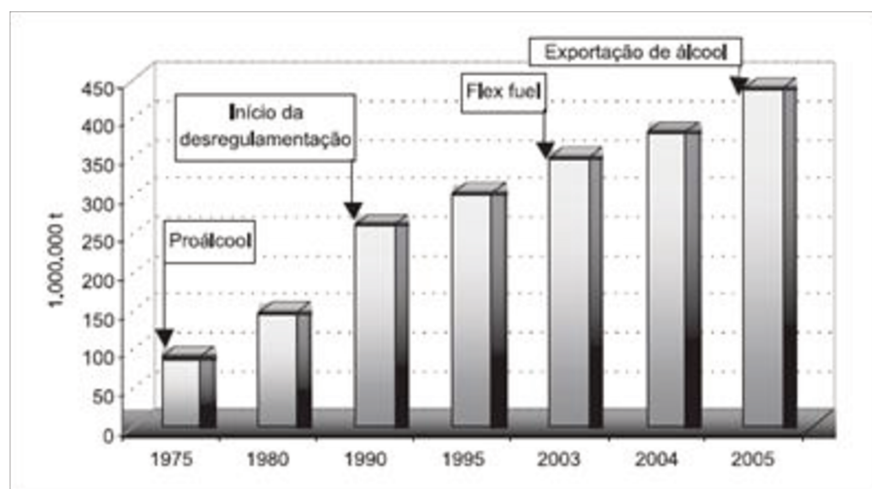
A primeira fase caracteriza-se pela introdução do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) com as oscilações de preços do petróleo na década de 1970 juntamente com a redução do preço do açúcar nos mercados internacionais. O objetivo do programa, iniciado em 1975, era promover uma redução das importações de petróleo, que respondiam por aproximadamente 80% do consumo interno neste período e construir um novo mercado para a indústria sucroalcooleira por meio do etanol como um combustível renovável. Para isso o governo impôs várias medidas, tais como: a obrigatoriedade da adição de etanol na gasolina dos combustíveis (de 20%), redução das taxas e garantias para o financiamento de investimentos, aumento dos preços da gasolina para incentivar o consumo do etanol, investimentos da Petrobras e campanhas publicitárias sobre as vantagens do etanol em substituição aos combustíveis fósseis. O resultado dessas ações foi um aumento da produção de etanol de 500% entre 1975 e 1979, o que comprovou o sucesso do programa. A segunda fase, depois da crise do petróleo de 1979, é reconhecida pelo desenvolvimento dos veículos movidos a álcool como combustível, principalmente com os investimentos em inovações tecnológicas nos motores. Esses investimentos foram garantidos pelos incentivos governamentais implementados, como a fixação de etanol abaixo da gasolina, descontos de impostos na venda de veículos a álcool e aumento dos preços dos veículos a gasolina. O programa teve sucesso durante os anos 1980, já que seus objetivos foram atingidos durante a política de intervenção de preços quando o etanol tornou-se uma alternativa econômica viável. Mas esses incentivos permanentes resultaram também em problemas estruturais para os investimentos no desenvolvimento de capacidades industriais.

A terceira fase ocorre em um contexto de crise econômica, no qual o governo é forçado a reduzir suas despesas, por isso os incentivos para a indústria foram suspensos. Houve redução dos preços de petróleo nos mercados internacionais e uma elevação dos preços do álcool no mercado interno, enquanto a demanda continuava a se expandir. Como resultado ocorreu uma escassez na oferta de etanol na década de 1990, com protesto dos consumidores e enfraquecimento da credibilidade do

programa. Para equacionar o problema, houve a importação de metanol dos EUA, mas, depois disso o programa foi se enfraquecendo gradativamente. A venda de carros a álcool se reduziu e o mercado de açúcar se tornou mais atrativo e a flexibilidade desenvolvida pelas usinas brasileiras favoreceu a expansão do açúcar em detrimento ao etanol neste período.

Na última fase o mercado de etanol retoma seu dinamismo com a introdução dos veículos bicomcombustíveis diante do aumento da confiança na oferta de etanol nos anos 2000 e a possibilidade de escolha entre os combustíveis diante de qualquer adversidade. A evolução da produção da cadeia produtiva é ilustrada na figura a seguir.

**FIGURA 3. 10. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CANA E MARCOS DO MERCADO BRASILEIRO ENTRE 1975 E 2005**



Fonte: UNICA, disponível em Bastos (2007: 08).

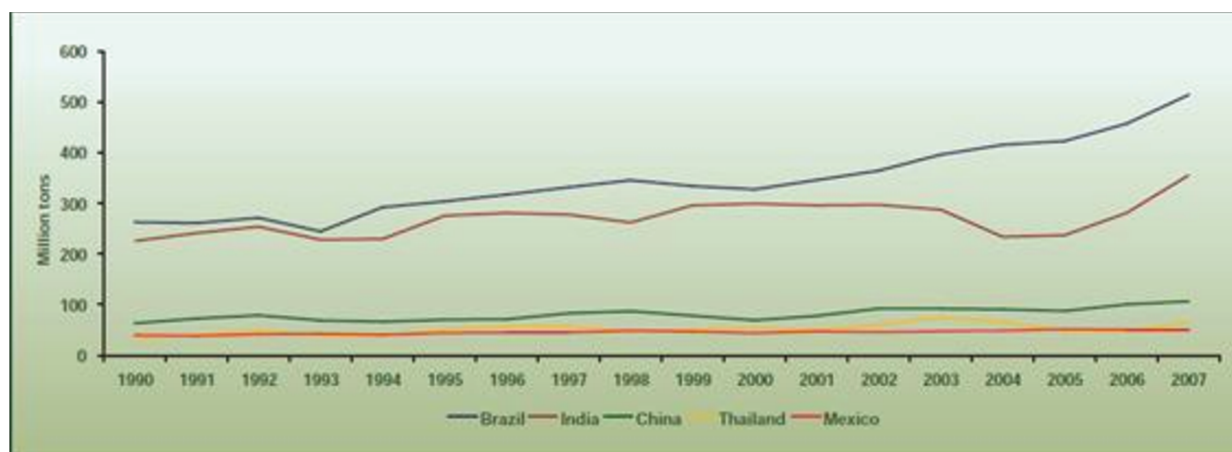
### **3.3.2. As vantagens comparativas e a competitividade brasileira**

A cadeia produtiva sucroalcooleira será tratada neste trabalho como as diversas atividades econômicas e agentes (agrícolas e industriais) envolvidos na transformação de insumos em seus principais produtos: açúcar e etanol. Além disso, com a sua crescente diversificação nos últimos anos e o aumento dos subprodutos, principalmente a cogeração de energia também devem ser considerados outros elos industriais que passam a ser integrados na cadeia.

A cadeia sucroalcooleira mostra-se como um estudo de caso interessante também devido à acumulação de competências tecnológicas e ao potencial do etanol como uma fonte renovável de

energia em substituição aos combustíveis fósseis. A viabilidade do etanol da cana-de-açúcar brasileira é inquestionável frente às demais fontes de matérias-primas. O etanol pode ser produzido de cana-de-açúcar, como ocorre no Brasil; de milho em países como EUA e Europa, madeira e uvas, entre outras fontes. Mas o etanol de cana-de-açúcar é o mais vantajoso entre as diversas fontes, tanto em termos de eficiência energética como também de redução de emissão de gases de efeito estufa, como demonstram os indicadores a seguir. O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e ocupa a segunda posição no que se refere à produção de etanol, torna-se um *player* extremamente competitivo no setor.

**FIGURA 3. 11. PRINCIPAIS PRODUTORES MUNDIAIS DE CANA, EM MILHÕES DE TONELADAS, ENTRE 1990 E 2007**



Fonte: MAPA (2009).

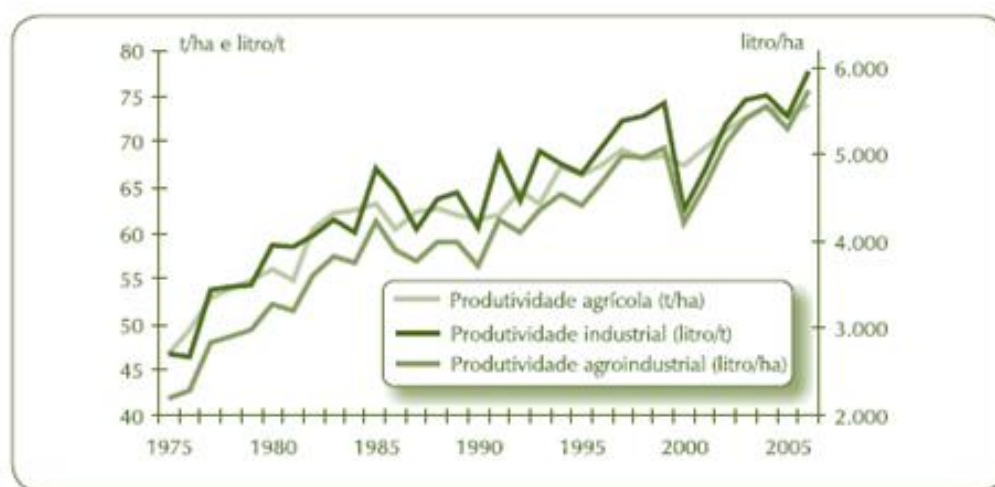
Além disso, em termos econômicos, observa-se o menor custo de produção para o etanol de cana-de-açúcar, isso se repete nos indicadores de produtividade por área em comparação com as demais fontes de matérias-primas, como ilustra o próximo gráfico.

**FIGURA 3. 12. CUSTO DE PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR FRENTE ÀS OUTRAS FONTES DE MATÉRIA-PRIMA**

| <i>Matéria-prima/região</i> | <i>Custo de produção (\$ por galão dos EUA)</i> |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Beterraba - Europa          | 2,9                                             |
| Cana - EUA                  | 2,3                                             |
| Milho - EUA                 | 1,0                                             |
| Cana - Brasil               | 0,8                                             |

Fonte: Fonseca e Costa (2008) a partir de dados da USDA.

**FIGURA 3. 13. EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA, AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAL NO BRASIL ENTRE 1995 E 2005**

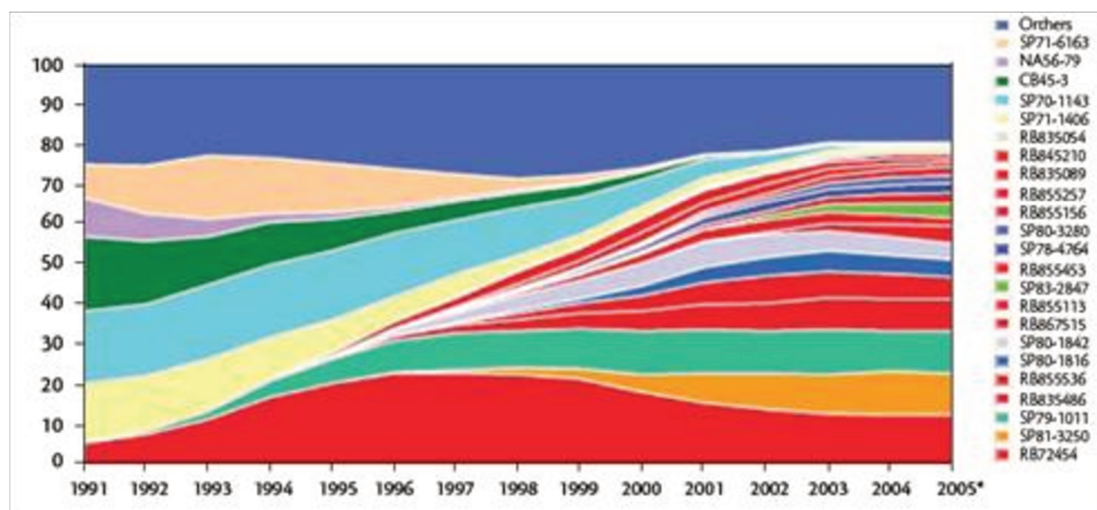


Fonte: BNDES/CGEE, 2008: 167.

O menor custo de produção relativo do etanol de cana-de-açúcar brasileiro aliado aos ganhos de produtividade crescentes e contínuos observados nas últimas décadas é um dos principais responsáveis pela sua competitividade, sendo que os melhoramentos genéticos em novas variedades genéticas foram fundamentais nesse processo. Vale destacar que os ganhos crescentes na produtividade agrícola foram resultados dos investimentos em pesquisas agrícolas e melhoramentos genéticos realizado nas últimas décadas, nos quais merecem destaque as atividades desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) com a expansão do número de variedades genéticas de cana-de-açúcar, sendo que agora surge também o uso da biotecnologia:

*“Além da ampla disponibilidade de terras no país, deve-se destacar o elevado potencial para ganhos de produtividade na atividade agrícola, que possibilitará uma maior produção na mesma área. O Brasil já desenvolveu uma série de variedades de cana resistentes a diferentes pragas, climas e condições hidrológicas. A possibilidade de novas variedades com o uso da biotecnologia resultará em ganhos ainda maiores” (Toneto Jr. et al, 2008: 95).*

**FIGURA 3. 14. EVOLUÇÃO DAS VARIEDADES DE CANA DESENVOLVIDAS NO BRASIL**



Fonte: Canaviallis (2007) disponível em CGEE (2009).

A acumulação de competências tecnológicas pode ser observada não só pelos indicadores de produtividade agrícola, mas também através de inovações tecnológicas incrementais ocorridas no interior das usinas, responsáveis pela expansão da produtividade industrial (gráfico 3.13). Entre 1975-1985 o foco foi nos ganhos de produtividade para atender a demanda crescente. Já nos anos 1980, a eficiência na conversão energética tornou-se a maior preocupação, com ganhos nos resultados do processo de fermentação e de melhoramentos agrícolas através de modificações genéticas realizadas pela Planalsucar e pela Copersucar. Depois de 1985, os novos instrumentos para a administração dos processos assumiram importância, como mostram os ganhos de produtividade na fermentação nesse período, que alcançaram mais de 130% (CGEE, 2004). No entanto, o potencial de incremento nas atividades industriais tende a se tornar limitado nos próximos anos:



*“Os potenciais para ganhos de produtividade na fase industrial são bastante limitados... A troca de caldeiras pode ampliar a cogeração de energia, a introdução da peneira molecular, o uso da automação pode melhorar o fluxo da matéria-prima melhorando o uso dos equipamentos e reduzindo o consumo de energia, enfim, grande parte das mudanças possíveis é pontual e o principal ganho pode se dar na maior possibilidade de cogeração e menor uso de insumos” (Toneto Jr. et al, 2008: 119).*

### 3.4. Trajetória de desenvolvimento industrial

#### 3.4.1. Dinâmica industrial no período recente

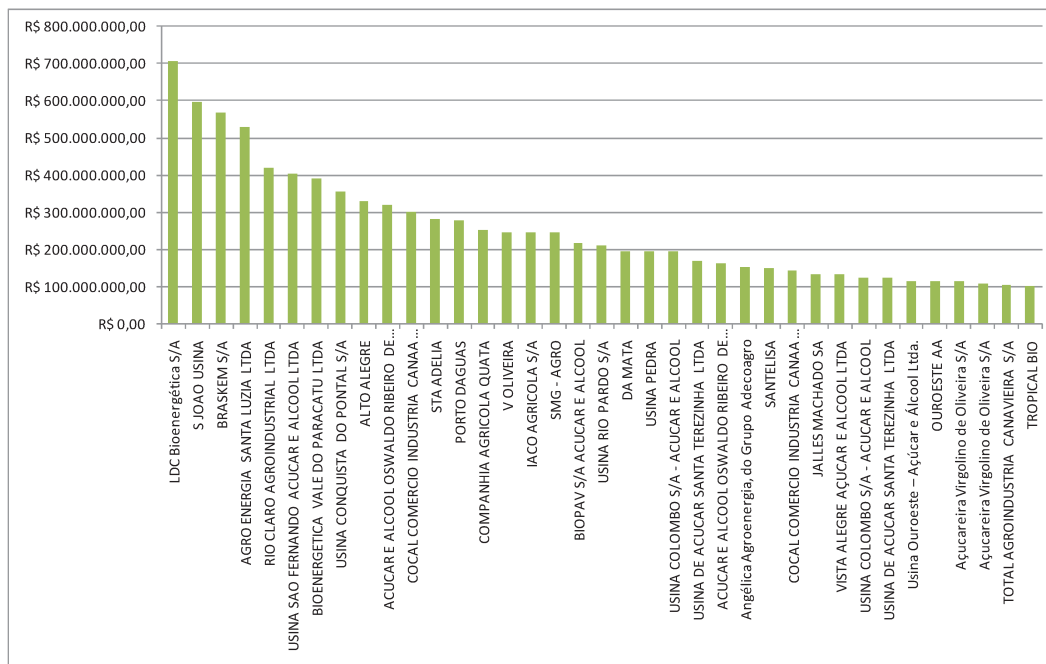
Hoje há 432 usinas em funcionamento na cadeia produtiva sucroalcooleira no Brasil, das quais 250 são unidades mistas, 16 produtoras exclusivamente de açúcar e 166 unidades que produzem somente álcool (MAPA, 2010). O setor tem sido fortemente internacionalizado nos últimos anos, fruto de investimentos de grandes corporações internacionais que se aproveitaram da fragilidade de produtores locais frente à crise de liquidez do setor nos últimos anos.

A dinâmica industrial da cadeia produtiva também pode ser vista segundo as operações do BNDES destinadas ao setor (tanto diretas quanto indiretas) já que são um indicador dos investimentos. Estima-se que mais de 80 projetos tenham sido financiados pelo BNDES, dos quais 35 deles foram de investimentos superiores a R\$ 100 milhões<sup>23</sup> entre 2007 e 2010 (figura abaixo). Os desembolsos totalizaram R\$28,5 bilhões entre 2003 e 2010, sendo que tornam-se mais expressivos exatamente em 2003 devido ao crescimento do setor ocasionado pelo *boom* das vendas dos carros *flex fuel*. Além disso, deve-se considerar que o setor foi um dos mais atingidos pela crise internacional em 2008 e isso gerou uma paralisação na maior parte dos projetos *greenfield*, em compensação há um crescimento dos desembolsos neste ano (gráfico 3.16), que atingiram um pico de 7% do total dos desembolsos do BNDES (gráfico 3.17) para suprir a crise de liquidez no setor.

---

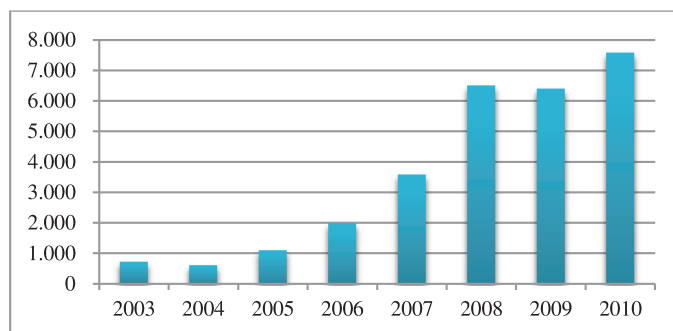
<sup>23</sup> Fonte: Plataforma BNDES, um sistema com banco de dados das operações do BNDES segundo os vários tipos de projetos, elaborado por um grupo de organizações em 2007 com a finalidade de promover uma maior transparência das operações de financiamento do BNDES. [http://www.plataformabndes.org.br/mapas/index.php?c=1&f=consultar&tipofrm=geral&tipo\\_projeto\[\]=104&cidade\\_ref\\_1=&cidade\\_ref=&textoBusca=&mostratabela=1&buscar=buscar](http://www.plataformabndes.org.br/mapas/index.php?c=1&f=consultar&tipofrm=geral&tipo_projeto[]=104&cidade_ref_1=&cidade_ref=&textoBusca=&mostratabela=1&buscar=buscar) (acesso em 01/06/2010.)

**FIGURA 3. 15. DESEMBOLSOS DO BNDES CONCEDIDOS À CADEIA SUCROALCOOLEIRA COM VALOR SUPERIOR A R\$ 100 MILHÕES, POR EMPRESA**



Fonte: Elaboração da autora a partir de dados da Plataforma BNDES.

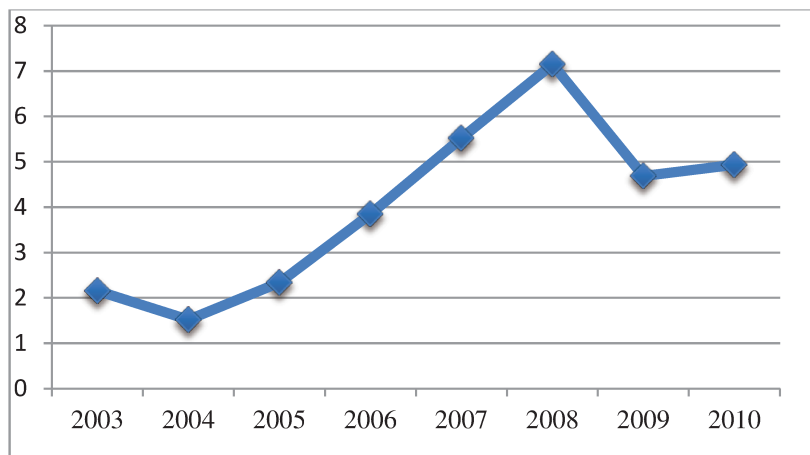
**FIGURA 3. 16. DESEMBOLSOS TOTAIS DO BNDES CONCEDIDOS PARA A CADEIA SUCROENERGÉTICA ENTRE 2003 E 2010, EM MILHÕES**



Fonte: BNDES.

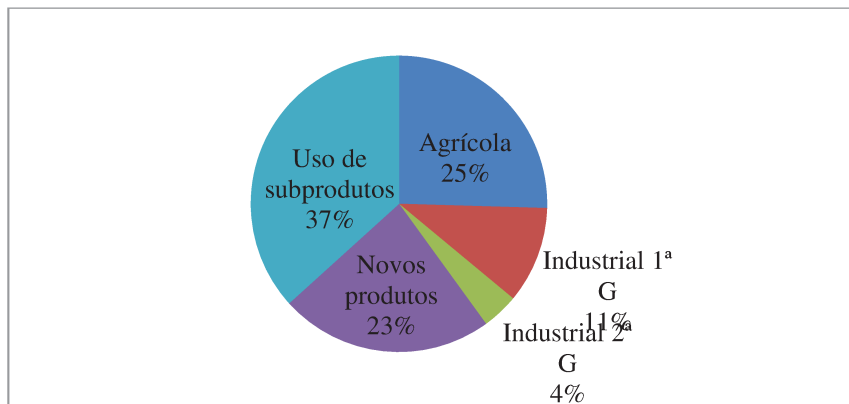
Nota: “Cadeia sucroenergética” refere-se à nomenclatura adotada pelo BNDES para incluir os desembolsos destinados à geração de energia elétrica na cadeia produtiva sucroalcooleira.

**FIGURA 3.17. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS DESEMBOLSOS CONCEDIDOS À CADEIA SUCROALCOOLEIRA, EM %, NO TOTAL DE DESEMBOLSOS DO BNDES, ENTRE 2003 E 2010**



Fonte: BNDES.

**FIGURA 3. 18. OPERAÇÕES DO BNDES COM A CADEIA SUCROALCOOLEIRA, AGRUPADAS SEGUNDO O TEMA DE PESQUISA, EM %, ENTRE 2007 E 2010**



Fonte: BNDES.

Nota: nesta modalidade da carteira de projetos estão representadas todas as operações do BNDES, o que inclui crédito e recursos não-reembolsáveis, mas não significa que este montante será transformado em desembolso futuro, já que nem toda operação termina em contratação efetiva.

Com relação aos desembolsos do BNDES observa-se que geralmente destinam-se a melhorias em processos industriais e ampliação da produtividade agrícola<sup>24</sup>, já que aqueles das operações enquadradas na carteira de projetos de inovação totalizam somente R\$ 206,2 milhões enquanto os

<sup>24</sup> Fonte: **Jornal Valor Econômico**, “Etanol embala retomada sucroalcooleira”, publicado em 18/02/2010.

desembolsos efetivos se restringem a R\$ 57,5 milhões entre 2007 e 2010. Isso evidencia que os projetos para inovação ainda detêm uma participação irrisória nos investimentos realizados pelo setor privado com recursos públicos para o setor, os quais geralmente apresentam taxas mais atrativas para tais investimentos. Dentre essas operações para inovação o tema do “uso de subprodutos” ocupa posição destaque, já que representa cerca de 40% do total dos investimentos. Outro indicativo da importância estratégica do setor sucroalcooleiro para a política industrial foi o lançamento em 2010 de uma linha de crédito do BNDES destinada especificamente ao financiamento da estocagem de etanol carburante, denominada **Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro (PASS)**<sup>25</sup>. O PASS teve como objetivo disponibilizar recursos de capital de giro destinados à estocagem de etanol pelas empresas, usinas e cooperativas, em um total de R\$2,4 bilhões de recursos disponíveis, sendo que o programa teve vigência até dezembro/2010.

Adicionalmente, visando promover o desenvolvimento de atividades tecnológicas do setor, especialmente na 2ª. e 3ª. geração, o BNDES e a FINEP lançaram em março de 2011 o **Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS)**. Esta iniciativa conjunta visa fomentar o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar, com recursos disponíveis de R\$ 1 bilhão que serão aplicados entre 2011 e 2014. O programa está estruturado em 3 linhas temáticas: bioetanol de 2ª. geração, novos produtos de cana-de-açúcar e gaseificação (tecnologias, equipamentos, processos e catalisadores). Pelo desenho do programa, pode-se perceber os esforços governamentais para promover uma maior diversificação da cadeia produtiva, principalmente em atividades com maior valor agregado e potencial de transbordamentos tecnológicos. No entanto, na chamada de propostas apenas 57 empresas manifestaram interesse, das quais 39 foram selecionadas nesta 1ª. etapa. Já na 2ª. etapa, que resultou nas empresas que tiveram seus Planos de Negócios aprovados, o número de selecionados se reduziu para 25 empresas com 35 planos, totalizando um montante de investimentos em P&D de aproximadamente R\$ 2 bilhões. Destes projetos aprovados, 13 são voltados para pesquisas em etanol de 2ª. geração, 20 para o desenvolvimento de novos produtos e 2 para avanços em processos de gaseificação.

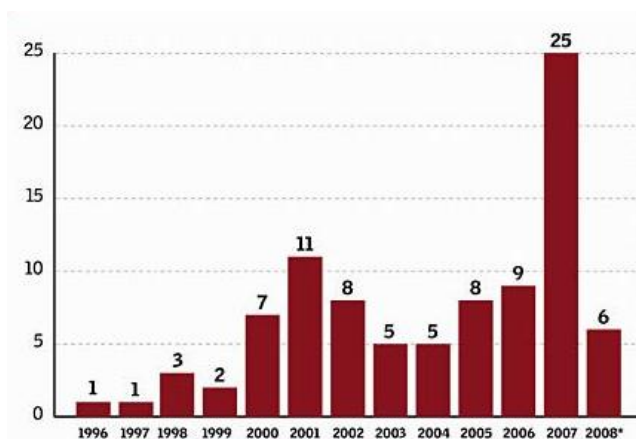
---

<sup>25</sup> Mais informações podem ser consultadas em [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Programas\\_e\\_Fundos/pass.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/pass.html) (acesso em 14/07/2010) e [www.finep.gov.br/programas/paiss.asp](http://www.finep.gov.br/programas/paiss.asp) (acesso em 15/10/2011).

O cenário é otimista, mas é necessário um acompanhamento minucioso do programa a fim de verificar se a demanda irá atender às expectativas de aporte de recursos dos órgãos de fomento, assim como o efeito desses projetos na totalidade da cadeia. Mesmo com este programa para viabilizar os investimentos em inovação, o cenário para consolidação e expansão do setor sucroalcooleiro requer um montante bem maior.

A consolidação patrimonial também ocupou um papel de destaque no período recente, como mostra o aumento do número de fusões e aquisições no setor, ilustrado no próximo gráfico. Um exemplo disso é a aquisição da Santelisa pela multinacional Louis Dreyfus, que resultou na denominada *Louis Dreyfus Commodities Bioenergia*, que opera 13 usinas e tem uma capacidade de moagem de 40 milhões de toneladas. Surgiu também a ETH Bioenergia resultante da união da ETH com a Brenco, dentre outras.

**FIGURA 3.19. NÚMERO DE FUSÕES E AQUISIÇÕES DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA NO BRASIL ENTRE 1996 E 2008**



Fonte: KPMG. Disponível na **Revista Valor Econômico Especial Etanol de Cana-de-açúcar** – Energia para o mundo, maio/2008, p. 30.

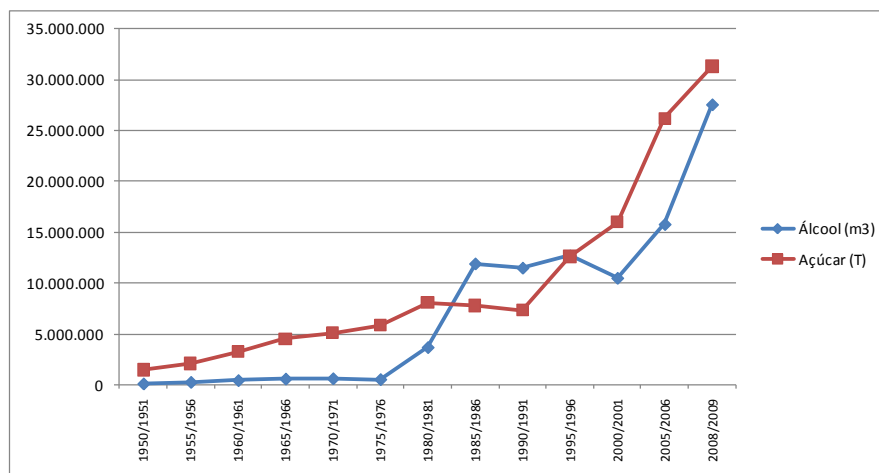
Diante das oscilações de preço dos mercados de açúcar e de etanol no Brasil e no mundo e para garantir o abastecimento da demanda doméstica, o governo brasileiro realizou uma intervenção formal no mercado recentemente. Como os preços do açúcar nos mercados internacionais se tornaram bastante atrativos, muitos usineiros estavam deixando de produzir etanol para garantir as suas exportações de açúcar e obter maior rentabilidade de seus investimentos. Para romper com essa tendência e garantir o abastecimento do mercado de automóveis *flex-fuel* foi aprovada no Senado Federal em agosto a Medida Provisória 532/2011, posteriormente convertida no

Projeto de Lei de Conversão 21 de 2011. Com esta nova legislação, o etanol, que antes era considerado subproduto agrícola é reconhecido como biocombustível e passa a ser regulamentado e fiscalizado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Essa visão do etanol como um combustível estratégico concede um maior poder de regulação do mercado para o governo, capaz também de determinar o percentual de etanol na gasolina, que pode variar entre 18% e 25%, de acordo com a demanda de mercado. Considera-se que esta seja uma primeira medida do governo para garantir o abastecimento do mercado doméstico e controlar a concessão dos incentivos e benefícios concedidos às empresas e usinas da cadeia produtiva.

### 3.4.2. Caracterização da 1ª. ruptura

É importante identificarmos as rupturas, entendidas aqui como as mudanças em termos de características estruturais da trajetória evolutiva da produção do setor sucroalcooleiro. Uma primeira mudança pode ser percebida no início dos anos 80 com o aumento da produção de álcool, ou seja, o setor deixa de ser simplesmente um produtor da *commodity* açúcar para produzir também outro produto: o álcool, que irá desempenhar papel fundamental no dinamismo industrial e tecnológico do setor nas décadas seguintes.

**FIGURA 3. 20. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL E AÇÚCAR EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1950 E 2008**



Fonte: Elaboração da autora a partir de MAPA (2009).

O aumento da importância relativa do etanol na cadeia produtiva sucroalcooleira significa também o início do processo de diversificação produtiva e desenvolvimento de novos produtos do setor, que se acelerou no período recente, como será discutido posteriormente.

**TABELA 3. 2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL EM ANOS SELECIONADOS ENTRE 1950 E 2008 COM A TAXA DE CRESCIMENTO NO PERÍODO**

| Safr      | Álcool<br>(m <sup>3</sup> ) | Açúcar (T) | Taxa de Crescimento<br>(em %) |        |
|-----------|-----------------------------|------------|-------------------------------|--------|
|           |                             |            | Álcool                        | Açúcar |
| 1950/1951 | 125.934                     | 1.489.020  | 124,87                        | 42,90  |
| 1955/1956 | 283.189                     | 2.127.784  | 61,13                         | 53,25  |
| 1960/1961 | 456.302                     | 3.260.920  | 32,09                         | 39,80  |
| 1965/1966 | 602.707                     | 4.558.836  | 5,71                          | 12,31  |
| 1970/1971 | 637.150                     | 5.119.866  | -12,79                        | 15,00  |
| 1975/1976 | 555.627                     | 5.887.832  | 567,06                        | 37,58  |
| 1980/1981 | 3.706.375                   | 8.100.269  | 221,92                        | -3,47  |
| 1985/1986 | 11.931.599                  | 7.819.255  | -3,49                         | -5,81  |
| 1990/1991 | 11.515.151                  | 7.365.341  | 10,44                         | 71,77  |
| 1995/1996 | 12.716.759                  | 12.651.084 | -17,29                        | 26,63  |
| 2000/2001 | 10.517.535                  | 16.020.340 | 50,30                         | 63,63  |
| 2005/2006 | 15.808.184                  | 26.214.391 | 74,48                         | 19,54  |
| 2008/2009 | 27.582.737                  | 31.335.830 |                               |        |

Fonte: Elaboração da autora a partir de MAPA (2009).

### 3.4.3. Índícios da 2ª. ruptura

Esta seção pretende mostrar que o processo de diversificação setorial com o desenvolvimento de novos produtos e setores de atuação, permitiu também a construção de uma trajetória de *upgrade* tecnológico no setor, que caracterizaria uma 2ª. ruptura na cadeia produtiva sucroalcooleira ainda em processo.

- Cogeração de energia elétrica pelas usinas

Grande parte das usinas brasileiras é autossuficiente em energia elétrica a partir da queima do bagaço para o processo industrial, graças à geração de energia durante os processos de extração do caldo e geração de vapor. Agora começa a se estruturar, com grande potencial de desenvolvimento, um mercado para a comercialização desses excedentes de energia elétrica gerados pelas usinas. De acordo com estatísticas do CGEE (2008) a capacidade instalada para

geração de energia elétrica do bagaço de cana-de-açúcar seria de 3,081 MW<sup>26</sup>, com outros 460 MW ainda em construção e aguardando autorização das agências regulatórias para operar. Somente no estado de São Paulo existem 131 unidades produtivas que processaram 264 milhões de toneladas de cana entre 2006-2007, com uma capacidade instalada de 1,82 MW, como ilustra a figura 3.21 a seguir.

**FIGURA 3. 21. CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELAS USINAS PAULISTAS ENTRE 2007 E 2015 NO BRASIL**



Fonte: CGEE, 2008: 110.

- Desenvolvimento da indústria alcoolquímica

O desenvolvimento da indústria química a partir do álcool da cana-de-açúcar não é uma tendência recente. Os primeiros produtos com essas características foram desenvolvidos pela Rhodia na década de 1920.

A grande novidade dos últimos anos tem sido a exploração do conceito de “biorefinaria”<sup>27</sup>. O potencial das biorefinarias deriva dos seus 2 principais produtos: derivados da indústria química, como os “plásticos verdes”, e produtos inovadores, com a abertura de novos mercados. A atratividade das biorefinarias baseia-se na sua alta rentabilidade derivada do valor adicionado em

<sup>26</sup> Nestes valores não estão descontados os recursos necessários para o auto-consumo das usinas, por isso não é possível identificar o total destinado à venda externa de energia elétrica.

<sup>27</sup> A biorefinaria é uma instalação industrial que integra os processos de conversão de biomassa e equipamentos para a produção de combustíveis, energia e químicos derivados da biomassa. O conceito de biorefinaria é análogo ao da refinaria tradicional do setor petroquímico, que produz vários combustíveis e produtos a partir de petróleo. Disponível em <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html> (acesso em 10/02/2012).



novos produtos, desenvolvidos a partir de pesquisas multidisciplinares na química, biologia e engenharia genética (Elabora Consultoria, 2008).

- Plástico verde e biodegradável

A BRASKEM desenvolveu no seu centro de pesquisas a partir da cana-de-açúcar, o “polietileno verde”, substância base de todos os derivados plásticos, mas agora através de uma fonte renovável ao invés das tradicionais, derivadas do petróleo já que utiliza o etanol como matéria-prima. O polietileno verde começa a ser produzido em larga escala em julho de 2010, em uma fábrica em Triunfo/RS que recebeu investimentos de R\$500 milhões destinados à produção de 200 mil toneladas anuais de eteno. A empresa também tem investido em projetos de pesquisa para o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas que resultem no “polipropileno verde”, uma resina plástica importante para a indústria de plásticos. A empresa tem acordos de parceria com a FAPESP, a Unicamp e a Novozymes, importante *player* em biotecnologia<sup>28</sup>.

A Usina da Pedra, localizada em Serrana/SP, desde 2002, caracteriza-se como um pólo de produção de plásticos derivados da cana. A alternativa foi desenvolvida pela extinta Copersucar em parceria com o IPT e o Instituto de Ciências Biomédicas da USP. A usina já produz 5 toneladas de plástico biodegradável por mês, sendo que o plástico extraído é o PHB (polihidroxibutirato), nos quais a matéria-prima é renovável, como a cana, com completa ação biodegradável, usado na marca Biocycle. A diferença aqui é que o plástico é produzido através da fermentação do açúcar e não do etanol propriamente dito. Este caso é ilustrativo do processo de intensificação do conhecimento por Lorentzen (2008). A capacidade de absorção e o aprendizado tecnológico foram considerados altos, a transferência tecnológica e a difusão do conhecimento externo não desempenham um papel significativo, mas a interação entre as universidades, os centros de pesquisa e as instituições de pesquisa foram importantes para o sistema de inovação, sendo que a emergência da indústria de plásticos biodegradáveis<sup>29</sup>:

---

<sup>28</sup> **Revista Valor Econômico Especial**, Tecnologia e Inovação, junho/julho, 2010.

<sup>29</sup> **Revista Fapesp**, Plástico de Açúcar, no. 80, out/2002 e **Revista Visão Ambiental**, Plástico Ambientalmente correto, publicado em 05/05/2010, disponível em [www.inteligenciaambiental.com.br/noticias-integra.asp?noticia=7601](http://www.inteligenciaambiental.com.br/noticias-integra.asp?noticia=7601) (acesso em 15/10/2011).

*“Was possible only because of a specific government scheme to build research capacity and knowledge production in biotechnology, which also served to stimulate cooperation between the public and the private sectors” (Velho e Velho, 2008: 50).*

- Avanços em genética para a substituição da cana-de-açúcar pela “cana-energia”

As pesquisas em melhoramentos genéticos agora objetivam não só o desenvolvimento de variedades “mais adaptadas” aos diversos ambientes e que resultem em uma maior produtividade, mas também ao aproveitamento total da planta e seu potencial de geração de energia em interação com o ambiente. Segundo Glaucia Souza, coordenadora do programa BIOEN da FAPESP e pesquisadora da USP, este objetivo da ciência básica em melhoramentos genéticos no momento atual torna-se claro:

*“O que queremos é desenvolver a chamada ‘cana energia’, uma planta que produza mais energia, mas não necessariamente mais açúcar. Ou seja, precisamos transformar uma planta que evoluiu para produzir açúcar em uma planta que funcione como uma usina de energia e aumentar sua produtividade de forma sustentável” (Valor, 2010: 06).*

O resultado dessas pesquisas seria o incremento da produtividade, que hoje é de cerca de 80 toneladas por hectare para algo em torno de 380 toneladas por hectare, ou seja, gerando um crescimento de produtividade de cerca de 375%. O objetivo final das pesquisas de hoje não é mais a sacarose da cana, que origina a fermentação dos processos do etanol de 1ª. geração, mas sim a extração e otimização da celulose, existente no bagaço e na palha da cana<sup>30</sup>.

Além disso, há um enorme potencial de desenvolvimento científico e aplicação em outras áreas, como defende o pesquisador Marcos Buckeridge, diretor científico do CTBE:

*“Já estamos vendo isso acontecer hoje, com polímeros e proteínas derivadas da cana dando origem a princípios ativos para a produção de medicamentos para controle de diabetes, matéria-prima para cosméticos e papel e plástico biodegradável. Não é difícil imaginar um futuro em que tenhamos biorefinarias capazes de produzir solventes, tintas, fertilizantes, inseticidas e todo tipo de biomateriais a partir de variedades de cana-de-açúcar geneticamente projetadas para esse fim” (Valor, 2010: 07).*

---

<sup>30</sup> Revista Valor Econômico Especial, **Atrás da cana-energia**, ano 11, no. 499, publicada em 16/05/2010.

Com esses dados e declarações dos pesquisadores envolvidos nessas pesquisas recentes, percebe-se que cada vez mais novas áreas do conhecimento como a química, a biotecnologia e a nanotecnologia integram-se às atividades do setor na busca de desenvolvimento de novos produtos e novas aplicações que possam se destacar em nichos de mercado específicos com a exploração da cana, sobretudo como fonte energética para uma amplitude de produtos e novas atividades, com destaque para o aproveitamento do bagaço da cana.

Outro forte indício desta transição do setor para a cana-energia pode ser identificada a partir do movimento do setor privado. Os mesmos fundadores da CanaVialis, administrador Luis Claudio Rubio e o engenheiro agrônomo Sizuo Matsuoka, depois de se desligarem da empresa quando houve a aquisição pela Monsanto, agora iniciam um novo empreendimento no setor, batizado de Vignis. A empresa também se dedica ao melhoramento genético em cana-de-

açúcar, mas, por meio de cruzamentos tradicionais, está desenvolvendo uma nova planta, a "cana energia", que se caracterizaria por uma variedade mais rica em fibras e com menos açúcar, voltada para a geração de biomassa destinada à produção de energia, possivelmente para o etanol celulósico, maior aposta dos empreendedores. Segundo Matsuoka, enquanto uma variedade convencional tem aproximadamente 13% de fibra e até 17% de açúcar, esta nova variedade da cana tem 24% de fibra e até 8% de açúcar. Mas a ambição dos pesquisadores conduz ao desenvolvimento de um negócio completo, já que envolve também a produção e entrega da cana na porta do cliente, embora o faturamento só se inicie efetivamente em 2014 porque o mercado ainda é incipiente.

### **3.5. Uma caracterização das atividades tecnológicas da cadeia sucroalcooleira**

Segundo a classificação de intensidade tecnológica da OECD o setor sucroalcooleiro seria composto pela produção em baixa tecnologia (CNAE 156 – produção de açúcar – categoria produção de alimentos) juntamente com um segmento de média-baixa tecnologia (CNAE 234 – produção de álcool – categoria produção de combustíveis). No entanto, este agrupamento não permite uma avaliação adequada do conteúdo tecnológico e do padrão inovativo da cadeia, já que se encontra agregado em categorias distintas, o que impede um exame minucioso da realidade.

Diante disso, a seguir será realizada uma análise tanto por meio dos indicadores frequentemente utilizados (como os dados da PINTEC do IBGE), como também de indicadores alternativos, como o exame do sistema setorial de inovação sucroalcooleiro. Com tais análises, será possível

identificar a dinâmica inovativa e a capacitação tecnológica dos fornecedores de máquinas e equipamentos diante do seu papel estratégico na cadeia produtiva.

### **3.5.1. Indicadores usuais**

#### *a. Uma análise segundo os dados da PINTEC*

Esta seção apresenta uma análise do padrão inovativo da cadeia sucroalcooleira segundo os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE, por meio do exame dos dados disponíveis para açúcar e etanol entre os anos 2000, 2003 e 2005 segundo os CNAE 1.0 – 156 (produção e refino de açúcar) e 234 (produção de álcool). Ressalta-se que os dados da PINTEC de 2008 não puderam ser incorporados devido às mudanças na metodologia de coleta de dados e regras para a geração de tabulações especiais do IBGE, já que tais atividades, na abertura setorial descrita acima, não foram contempladas no desenho amostral da pesquisa de 2008.

Reconhece-se que este indicador talvez não seja capaz de oferecer um retrato minucioso da realidade brasileira, tanto por considerar uma amostra restrita de empresas de um elo específico da cadeia (usinas) como também por oferecer dados somente dos últimos anos, por isso serão complementados pela capacitação tecnológica dos fornecedores, que será discutida no próximo capítulo deste trabalho.

**TABELA 3. 3. INDICADORES DO ESFORÇO DE INOVAÇÃO REALIZADO PELAS EMPRESAS DA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA, EM 2000, 2003 E 2005**

|                                                     |      | <b>Açúcar</b> | <b>Etanol</b> |
|-----------------------------------------------------|------|---------------|---------------|
| <b>Total de empresas</b>                            | 2000 | 164           | 302           |
|                                                     | 2003 | 255           | 119           |
|                                                     | 2005 | 146           | 129           |
| <b>Receita líquida de vendas (1 000 R\$)</b>        | 2000 | 11.499.129,36 | 11.331.582,59 |
|                                                     | 2003 | 17.751.313,58 | 8.190.312,54  |
|                                                     | 2005 | n.d.          | n.d.          |
| <b>Número de empresas inovadoras</b>                | 2000 | 52            | 123           |
|                                                     | 2003 | 68            | 39            |
|                                                     | 2005 | 82            | 55            |
| <b>Gastos totais em atividades inovativas</b>       | 2000 | 153.010,13    | 252.964,48    |
|                                                     | 2003 | 640.754,30    | 159.496,79    |
|                                                     | 2005 | 495.055,61    | 206.683,98    |
| <b>Gastos com P&amp;D Interna Valor (1 000 R\$)</b> | 2000 | 42.146,71     | 27.204,47     |
|                                                     | 2003 | 5.192,00      | x             |
|                                                     | 2005 | 4.050,00      | x             |
| <b>Intensidade da P&amp;D (P&amp;D interna/RLV)</b> | 2000 | 0,37          | 0,24          |
|                                                     | 2003 | n.d.          | n.d.          |
|                                                     | 2005 | n.d.          | n.d.          |

Receita líquida de vendas de produtos e serviços, estimada partir dos dados da amostra da Pesquisa Industrial Anual - Empresa 2005 e da Pesquisa Anual de Serviços 2005.

Nota: não foi calculada intensidade dos gastos em P&D (gastos em P&D interna/receita líquida) pela indisponibilidade dos dados em 2003 para o etanol e 2005 para ambos os produtos.

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

Os indicadores de esforço de inovação para a cadeia sucroalcooleira retratam realidades similares para os segmentos de açúcar e de etanol, sendo que em ambos os casos a intensidade de P&D é extremamente baixa já que se restringe a menos de 0,4%, o que caracteriza um setor de baixa intensidade tecnológica. No caso da produção de açúcar o total de empresas oscila substancialmente entre 2000 e 2005, sendo que a participação das empresas inovadoras no total permanece estável e representa somente 1/3 delas. Por outro lado, embora a receita líquida do setor cresça, os gastos em atividades inovativas apenas triplicam e, as atividades internas de P&D se reduzem drasticamente. Desta forma, a intensidade da P&D que já era baixa, se minimiza ainda mais ao longo do período. Já para a produção de etanol o total de empresas se reduz e as inovadoras se mantêm na mesma proporção, sendo que a participação delas no total também é de

cerca de 1/3. A receita líquida cresce de forma expressiva, mas os gastos totais em atividades inovativas se reduzem ao longo do período e embora não haja dados disponíveis para todos os anos da série, provavelmente a intensidade da P&D também seguiria esta trajetória de redução observada para a produção de açúcar.

**TABELA 3.4. PRINCIPAIS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS SEGUNDO O NÚMERO DE EMPRESAS NA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA, EM 2000, 2003 E 2005**

|                             | <b>Açúcar</b> |             |             | <b>Etanol</b> |             |             |
|-----------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                             | <b>2000</b>   | <b>2003</b> | <b>2005</b> | <b>2000</b>   | <b>2003</b> | <b>2005</b> |
| <i>Produto</i>              | 18            | 33          | 28          | 113           | 14          | 23          |
| <i>Processo</i>             | 50            | 66          | 76          | 82            | 37          | 23          |
| <i>Produto e Processo</i>   | 16            | 31          | 22          | 72            | 13          | 23          |
| <i>Projetos Incompletos</i> | 20            | 9           | 9           | 50            | 8           | 5           |
| <i>Empresas Inovadoras</i>  | 52            | 68          | 82          | 123           | 39          | 55          |

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

As inovações na produção de açúcar se concentram em processo em todos os anos com pouca variação (com relação ao total das empresas inovadoras): 96% (2000), 97% (2003) e 92% (2005). Esse padrão inovativo das atividades de produção de açúcar reflete exatamente as características das atividades tecnológicas em indústrias LMT, predominantemente inovações de processo, como descrito no primeiro capítulo. No entanto, as atividades inovativas para a produção de etanol possuem um padrão diverso. Em 2000, as inovações se concentram em produto (91% com relação ao total das empresas inovadoras), mas em 2003 os processos assumem importância (94%) e em 2005 a participação relativa de ambos se iguala, o que impossibilita a definição de determinadas características para a totalidade do setor.

A tabela a seguir relaciona as atividades inovativas com os recursos utilizados em sua origem segundo a maior importância relativa dentre os demais. As atividades de importância alta nos três períodos selecionados foram: a) projeto industrial e outras preparações técnicas e b) a aquisição de máquinas e equipamentos, tanto para a produção de açúcar quanto para a produção de etanol. Vale destacar que a aquisição de máquinas permanece como a principal atividade inovativas das empresas na produção de ambos os produtos entre 2000 e 2005. Estes fatos demonstram a semelhança entre o padrão inovativo da cadeia e as atividades inovativas de atividades LMT, principalmente no que se refere à importância atribuída à aquisição de máquinas e equipamentos

para a origem das inovações tecnológicas e às evidências de que atividades de P&D não são uma característica dos esforços inovativos no setor, assim como em outras indústrias LMT, já que as atividades de P&D tanto externas quanto internas são consideradas baixas e pouco relevantes para as empresas participantes da PINTEC.

**TABELA 3.5. ORIGEM DAS ATIVIDADES INOVATIVAS DAS EMPRESAS INOVADORAS, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA RELATIVO, EM 2000, 2003 E 2005**

| Atividades Tecnológicas                                 | Açúcar |         |      |         |      |         | Etanol |         |      |         |      |         |
|---------------------------------------------------------|--------|---------|------|---------|------|---------|--------|---------|------|---------|------|---------|
|                                                         | 2000   |         | 2003 |         | 2005 |         | 2000   |         | 2003 |         | 2005 |         |
|                                                         | No.    | % total | No.  | % total | No.  | % total | No.    | % total | No.  | % total | No.  | % total |
| <i>Empresas Inovadoras</i>                              | 52     | 100,00  | 68   | 100,00  | 82   | 100,00  | 123    | 100,00  | 39   | 100,00  | 55   | 100,00  |
| <i>Projeto Industrial e outras preparações técnicas</i> | 26     | 51,02   | 34   | 49,91   | 31   | 37,71   | 68     | 55,21   | 14   | 35,79   | 27   | 49,05   |
| <i>Aquisição de Máquinas e Equipamentos</i>             | 38     | 73,48   | 53   | 78,45   | 67   | 81,51   | 61     | 49,68   | 27   | 69,39   | 41   | 74,73   |

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

Já a tabela 3.6. discute as principais fontes de informação utilizadas nos esforços em inovação das empresas da cadeia. A contribuição das informações geradas por outras áreas da empresa (com exceção do departamento de pesquisa e desenvolvimento) juntamente com aquelas vindas dos fornecedores são apontadas como as principais fontes para os esforços inovativos das empresas do setor sucroalcooleiro, tanto na produção de açúcar quanto na fabricação de etanol. Especificamente neste último, elementos como redes de informação informatizadas e a participação em feiras também merecem destaque ao contribuir para os esforços tecnológicos. Isso provavelmente justifica-se pelo caráter *learning-by-doing* e *learning-by-using* das atividades inovativas das empresas do setor sucroalcooleiro, no qual o conhecimento acadêmico é pouco utilizado na geração das inovações tecnológicas, assim como nas demais indústrias LMT. Isto revela uma baixa interação entre o setor produtivo e as instituições científicas, já que as inovações são desenvolvidas a partir da interação com seus clientes, consumidores e fornecedores e com a utilização dos conhecimentos “práticos”, o que reforça a importância da interação usuário-produtor e da capacitação tecnológica dos fornecedores locais de equipamentos.

**TABELA 3.6. PRINCIPAIS FONTES DE INFORMAÇÃO UTILIZADAS PELAS EMPRESAS INOVADORAS EM 2000, 2003 E 2005**

|                            | Açúcar |        |       |        |       |        | Etanol |        |       |        |       |        |
|----------------------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
|                            | 2000   |        | 2003  |        | 2005  |        | 2000   |        | 2003  |        | 2005  |        |
|                            | Total  | %      | Total | %      | Total | %      | Total  | %      | Total | %      | Total | %      |
| <i>Empresas Inovadoras</i> | 52     | 100,00 | 68    | 100,00 | 82    | 100,00 | 123    | 100,00 | 39    | 100,00 | 55    | 100,00 |
| Fornecedores               | 32     | 61,54  | 26    | 38,24  | 44    | 53,57  | 53     | 43,07  | 18    | 47,22  | 33    | 59,94  |
| Outras áreas               | 27     | 51,92  | 42    | 61,76  | 42    | 51,63  | 82     | 66,67  | 26    | 67,03  | 31    | 55,77  |

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

A interação entre os agentes é examinada na tabela 3.7. a seguir sobre a cooperação entre os agentes. Os dados são insuficientes para determinar relações precisas entre os agentes já que poucas empresas responderam a essa questão na PINTEC, pois representam menos de 20% das empresas que implementaram inovações nos anos 2000, 2003 e 2005. Para a produção de açúcar a interação com clientes ou consumidores, fornecedores e universidades é considerada baixa em todos os anos selecionados, o que dificulta a discussão dos resultados, mas foi apresentada na tabela abaixo a fim de consolidar os dados sobre ambos os produtos. Isso pode demonstrar que a interação entre os agentes para a produção de açúcar é fraca para todos os tipos de agentes. O destaque é para a produção de etanol, já que a cooperação com os clientes ou consumidores e fornecedores é considerada alta em todos os períodos selecionados, o que se justifica pelas inovações incrementais em equipamentos e soluções customizadas desenvolvidas a partir da demanda de seus usuários e fornecedores.

**TABELA 3.7. COOPERAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS INOVADORAS E OUTROS AGENTES DA CADEIA PRODUTIVA, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA RELATIVO, EM 2000, 2003 E 2005**

| Relação de Cooperação    | Açúcar                |       |        |       |        |       |        | Etanol               |       |        |       |        |       |        |
|--------------------------|-----------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|----------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|                          |                       | 2000  |        | 2003  |        | 2005  |        |                      | 2000  |        | 2003  |        | 2005  |        |
|                          | Importância relativa  | Total | %      | Total | %      | Total | %      | Importância relativa | Total | %      | Total | %      | Total | %      |
|                          |                       | 52    | 100,00 | 68    | 100,00 | 82    | 100,00 |                      | 123   | 100,00 | 39    | 100,00 | 55    | 100,00 |
| Clientes ou consumidores | Baixa e não relevante | 5     | 9,62   | 8     | 11,76  | 10    | 12,16  | Alta                 | 20    | 16,01  | 1     | 2,56   | 4     | 7,72   |
| Fornecedores             | Baixa e não relevante | 4     | 7,69   | 8     | 11,76  | 9     | 10,95  | Alta                 | 16    | 12,69  | 1     | 2,56   | 3     | 5,90   |

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).



Com relação ao impacto gerado pelas inovações pode-se perceber que os grandes resultados são voltados para o mercado, já que os elementos apontados como de maior importância relativa são: melhoria da qualidade dos produtos, a manutenção da participação da empresa do mercado e o aumento da capacidade produtiva, tanto na produção de açúcar como na de etanol se comparados ao total das empresas inovadoras. Nesta última, a ampliação da participação da empresa no mercado e, mais recentemente, a redução do impacto ambiental das atividades produtivas também são apontados como impactos relevantes. Isso também converge para o padrão inovativo de atividades LMT que realizam inovações incrementais com agilidade e customização a fim de garantir sua participação no mercado e não em busca de maior desenvolvimento científico e tecnológico exclusivamente.

**TABELA 3.8. IMPACTO CAUSADO PELAS INOVAÇÕES, SEGUNDO O MAIOR GRAU DE IMPORTÂNCIA, EM 2000, 2003 E 2005**

| Impacto                                   | Açúcar |      |      | Etanol |      |      |
|-------------------------------------------|--------|------|------|--------|------|------|
|                                           | 2000   | 2003 | 2005 | 2000   | 2003 | 2005 |
| <i>Melhoria na qualidade dos produtos</i> | 30     | 31   | 38   | 80     | 19   | 23   |
| <i>Manter a participação no mercado</i>   | 26     | 25   | 34   | 74     | 17   | 24   |
| <i>Aumentar a capacidade Produtiva</i>    | 22     | 28   | 36   | 47     | 14   | 32   |
| <i>Total</i>                              | 52     | 68   | 82   | 123    | 39   | 55   |

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

**TABELA 3.9. MÉTODOS DE PROTEÇÃO UTILIZADOS PELAS EMPRESAS INOVADORAS EM 2000, 2003 E 2005**

|          | Açúcar |      |      | Etanol |      |      |
|----------|--------|------|------|--------|------|------|
|          | 2000*  | 2003 | 2005 | 2000*  | 2003 | 2005 |
| Patentes | 38     | 0    | 1    | 3      | 2    | 1    |
| Marcas   | n.d.   | 9    | 10   | n.d.   | 9    | 12   |

Notas: \*em 2000 a PINTEC só mencionava patentes.

Fonte: IBGE/PINTEC, tabulações especiais (2000, 2003 e 2005).

Com relação aos métodos de proteção utilizados, os dados são insatisfatórios para análise porque a amostra é muito pequena, mas pode-se notar que este setor não parece ser fortemente envolvido em processos de patenteamento. Além disso, as marcas sugerem uma maior importância relativa,

o que se justifica também pelo grau de envolvimento dos clientes e fornecedores e por estarem voltadas essencialmente ao mercado, assim como em outras atividades LMT.

Diante desses indicadores da PINTEC apresentados para descrever o padrão inovativo das empresas da cadeia sucroalcooleira podemos observar que há indícios de um alinhamento com o padrão inovativo observado em outras atividades LMT, conforme descrito no primeiro capítulo deste trabalho, em que as empresas das indústrias LMT buscam o conhecimento voltado para o mercado e atividades tecnológicas diferentes daquelas das indústrias de alta tecnologia. Isto resultaria em um grande e contínuo fluxo de inovações incrementais para melhoramentos nos processos produtivos, principalmente por meio de mecanismos *de learning-by-using* e *learning-by-doing*. Por isso os projetos industriais e aquisição de máquinas tornam-se um dos principais indicadores de inovação e a interação com os clientes e fornecedores é tão relevante. Por outro lado, as atividades estritamente de P&D ocupam posição secundária e as atividades de patenteamento também não são consideradas importantes para as empresas da cadeia.

### **3.5.2. Indicadores alternativos**

#### *a. Sistema Setorial de Inovação*

Existem diversos trabalhos que utilizaram o referencial *neoschumpeteriano* dos sistemas de inovação para examinar o processo de aprendizagem tecnológica e acumulação de competências do setor sucroalcooleiro nas últimas décadas (Furtado *et al*, 2008; Souza e Hasenclever, 2008; Dantas e Figueiredo, 2009; Rosario, 2008; Andersen, 2009).

O Sistema Setorial de Inovação sucroalcooleiro foi construído a partir da intervenção governamental orientada nos anos 1970, em que o aparato institucional assume papel crucial na organização da pesquisa e das inovações tecnológicas desenvolvidas. Nas últimas décadas, o apoio governamental foi uma importante fonte de desenvolvimento científico, principalmente na área de pesquisas agrícolas, através de programas como a RIDESA (Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, parte da extinta Planalsucar) e o PROCANA.

O PROCANA (Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar) foi organizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na década de 1990, com o objetivo de ampliar o número de variedades genéticas de cana-de-açúcar. O programa foi desenvolvido entre usuários, universidades e outras instituições através de redes de pesquisa sobre hibridismo das variedades e

seleção de plantas. O desenvolvimento tecnológico teve como foco as características específicas de cada ambiente, de acordo com as bases regionais das estações experimentais. Como resultado direto observa-se o aumento do número de melhoramentos em variedades genéticas. Mas há ainda inúmeros resultados indiretos, reconhecidos como *spinoffs*, como o desenvolvimento de capacidades em agentes envolvidos em seis inovações tecnológicas: AMBICANA, SINICANA, RHIZOCANA, método biométrico, cana “forrageira” e software CAIANA (Hasegawa, 2005). No período recente houve uma descentralização do programa, com o aumento do número de parceiros e estações experimentais, sendo que atualmente o sucesso do programa deve-se em grande parte aos novos métodos de administração da cana do que a melhoramentos genéticos, com um orçamento de R\$ 2 milhões por ano, dos quais 60% são de origem privada.

Já a RIDESA é uma rede de pesquisas entre universidades que tem como objetivo a realização de melhoramentos genéticos por meio da cooperação entre algumas universidades (UFPR, UFSCar, UFV, UFRRJ, UFSE, UFAL, UFG, UFMT e UFRPE) dando continuidade às suas atividades, desde a extinção da Planalsucar em 1991. As atividades estão distribuídas em 31 estações experimentais em estados brasileiros onde há plantação de cana-de-açúcar, sendo que esses esforços resultaram em 30 “cultivares”, que ocupam 57% da área total de plantações no Brasil.

Por último, há o CTC, um agente fundamental no desenvolvimento científico e tecnológico da cadeia produtiva sucroalcooleira. O CTC é a maior instituição de pesquisa no Brasil em cana-de-açúcar e se originou da união entre duas cooperativas regionais, que geraram a Copersucar. A Copersucar (Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo) foi criada em 1959<sup>31</sup> para comercializar a produção de seus associados, sendo que a entidade fundou o CTC em 1969, com os recursos de seus cooperados. No início as atividades do CTC se concentravam nos melhoramentos genéticos e na assistência técnica para as usinas, particularmente nas áreas de fermentação e nos processos de extração. Nos anos 1980 o desenvolvimento genético tornou-se mais importante e as suas variedades passaram a dominar as plantações de cana-de-açúcar. Atualmente o CTC é uma instituição privada de pesquisa que recebe suporte dos seus associados (mais de 200 usinas e outros fornecedores) com um orçamento de R\$ 45 milhões e mais de 100 pesquisadores, entre mestres e doutores.

---

<sup>31</sup> Olalde (1992) descreve a origem da Copersucar e suas contribuições para a acumulação das competências iniciais em cana-de-açúcar.

Embora a tecnologia de produção de etanol de 1ª. geração seja reconhecida como “madura”, as inovações incrementais ainda oferecem oportunidades para desenvolvimento tecnológico em processos específicos. Por outro lado o desenvolvimento da produção industrial em larga escala do etanol de 2ª. geração, provavelmente a partir da hidrólise de materiais celulósicos é o grande desafio da atualidade e necessitaria de inovações tecnológicas radicais no processo de produção. Vale esclarecer a diferença entre as tecnologias utilizadas para a produção de etanol de 1ª. e 2ª., já que ainda não existe um consenso entre os especialistas do setor sobre a definição do etanol de 3ª. e 4ª. geração. Os métodos de produção atuais utilizam como matéria-prima o caldo da cana-de-açúcar (sacarose) para a fabricação de etanol, mas há ainda energia disponível no bagaço e na palha, que respondem por dois terços da energia da planta, mas que ainda não são convertidos em biocombustíveis. A energia da cana pode ser distribuída da seguinte forma: 31,4% em sacarose, 34,7% no bagaço e 33,8% nas pontas e folhas (Goldemberg, 2010). Os combustíveis de 1ª. geração são aqueles produzidos a partir dos açúcares, com a extração e fermentação do caldo. O etanol produzido a partir de materiais celulósicos, como o bagaço e a palha é considerado de 2ª. geração, sendo que as tecnologias mais conhecidas para converter celulose em etanol são a pirólise, a gaseificação e a hidrólise ácida e enzimática (Buckeridge *et al*, 2010). Vale destacar ainda que os combustíveis de 2ª. geração serão complementares aos da 1ª. e não necessariamente substitutos da mesma.

Geralmente as empresas brasileiras ainda apresentam esforços tímidos nos investimentos das tecnologias de segunda geração por vários motivos: a) o *gap* de capacitação ainda é muito grande para a maioria das empresas; b) a indústria química brasileira tem sido tradicionalmente pouco inovadora; c) os produtores não possuem fortes incentivos para investir na segunda geração em função da eficiência e rentabilidade da primeira geração; d) algumas empresas ainda adotam um comportamento extremamente passivo na absorção de novas tecnologias. Neste contexto, recursos expressivos tem sido investidos por empresas multinacionais, como a DuPont, a Monsanto e a Basf, além da BP e da Shell (Bontempo, 2010). Além disso, são poucos os países que estão direcionando investimentos nesta trajetória, dado que ainda são tecnologias de fronteira.

As principais inovações tecnológicas incrementais identificadas na cadeia produtiva sucroalcooleira, no etanol de primeira geração, foram (Abarca, 1999): melhoramentos genéticos, avanços no processo de fermentação e desenvolvimento de novos produtos em áreas específicas

como química, metal-mecânica, automação e monitoramento por satélites. Já Macedo (2007) realiza uma análise comparativa entre os principais avanços tecnológicos da cadeia produtiva entre 1980/1990 e 1990/2000. No primeiro período destaca-se: introdução em larga escala de variedades de cana desenvolvidas no Brasil (principalmente pelos programas do CTC-Copersucar e do Planalsucar); desenvolvimento do uso integral da vinhaça na ferti-irrigação; controles biológicos na produção da cana; desenvolvimento do sistema de moagem com quatro rolos; tecnologia para operação de fermentações “abertas” de grande porte; aumento na produção de energia elétrica na indústria (autossuficiência); no uso final as especificações do etanol; os motores E-100; transporte, mistura e armazenamento do álcool. Já entre 1990 e 2000, podem ser apontados outros avanços: otimização do corte, carregamento e transporte da cana; mapeamento do genoma da cana; transformações genéticas; mecanização da colheita; obtenção de excedentes de energia elétrica e venda para a concessionária; avanços em automação industrial; avanços no gerenciamento técnico (agrícola e industrial) e a introdução dos motores flexfuel”.

#### *b. Fomento à inovação*

Um dos determinantes da base científica e tecnológica existente são os recursos públicos disponíveis para o desenvolvimento de pesquisas no setor sucroalcooleiro, por isso foram coletados os dados de projetos apoiados pela FAPESP e pela FINEP destinados à inovação.

A FAPESP tem uma contribuição histórica no fomento das atividades de pesquisa da cadeia sucroalcooleira<sup>32</sup>. Inicialmente, em 1968, apoiou as iniciativas do Laboratório de Biotecnologia Industrial da Escola Politécnica/USP, por meio da compra de reatores e equipamentos para a usina piloto para a produção de etanol por fermentação. Um marco importante foi o Programa FAPESP Sucest (conhecido como Genoma Cana e já mencionado anteriormente, em 1999) que mapeou 250 mil fragmentos de genes de cana. O programa envolveu 240 pesquisadores e teve financiamento de R\$4 milhões da FAPESP e outros US\$ 400 mil da Copersucar.

Já no período recente, a análise dos projetos apoiados pela FAPESP nas linhas destinadas à inovação tecnológica refere-se ao Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE) e à Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) nos últimos anos<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> Fonte: A escalada do etanol. **Revista Pesquisa Fapesp**, edição 191, jan/2012.

<sup>33</sup> A lista completa dos projetos apoiados pela Fapesp (PITE e PIPE) e pela Finep (subvenção econômica) consta no Anexo III.

Embora não se tenha dados sobre o valor e a importância relativa dos mesmos no total das linhas, o exame do perfil das empresas e instituições solicitantes fornece alguns elementos interessantes sobre o padrão de inovação das empresas do setor sucroalcooleiro.

Os projetos PITE geralmente envolvem grandes empresas do setor, como Oxiteno, Braskem e Copersucar e as grandes universidades paulistas, USP e Unicamp. Esses projetos da linha PITE concentram-se em áreas da microbiologia e engenharia química e destinam-se a desenvolvimento de pesquisas em conversão energética de materiais celulósicos, geralmente para o etanol de 2ª. geração. Já os projetos PIPE, destinados às pequenas e médias empresas, concentram-se em áreas das ciências agrárias, engenharia química e agrícola. Esses projetos produzem melhoramentos e inovações tecnológicas incrementais em processos produtivos existentes para a produção do etanol de 1ª. geração, geralmente na fase agrícola da produção com sistemas de mapeamento, controle automatizado, controle biológico e técnicas de planejamento.

O exame de algumas empresas participantes do programa PIPE fornece alguns elementos interessantes:

- A Technopulp é uma empresa sediada no interior paulista (Ribeirão Preto), que solicitou recursos para o aperfeiçoamento do seu filtro Vacuum Press, um produto inovador nos sistemas de filtração, utilizado em vários setores como sucroalcooleiro, celulose e papel, alimentício, mineração, dentre outros. O produto possui tecnologia 100% nacional e patente registrada e a empresa participa dos programas da FAPESP desde 1997.
- A Agricef teve dois projetos apoiados pela FAPESP e foi fundada em 2005 para desenvolver soluções agrícolas, agricultura de precisão e consultoria por meio de parcerias com a Unicamp e empresas do setor privado.
- A Tech Chrom Instrumentos Analíticos é uma empresa “filha da Unicamp”, ou seja, uma empresa graduada na Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Unicamp e teve dois projetos apoiados pela FAPESP. Seus fundadores tem experiência em química analítica e desenvolveram um projeto de cromatógrafo a gás, de concepção inovadora, com patentes de invenção registradas no Brasil, EUA e Europa. Em 2008 a empresa desenvolveu o primeiro sacarímetro com tecnologia 100% nacional, um produto fundamental nas usinas já que mede o teor de sacarose do caldo de cana e pode dispensar a clarificação. O produto também tem como diferenciais ser compacto e não utilizar

clarificantes químicos, além de utilizar uma fonte de laser na região do infravermelho ao invés de lâmpadas de tungstênio.

- A Enalta Inovações Tecnológicas surgiu em 1999 em Catanduva e já teve dois projetos apoiados pela FAPESP, com atuação em produtos e sistemas agrícolas. Em parceria com a Herbicat e Embrapa Instrumentação Agropecuária iniciou o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento agrícola, capaz de integrar eletrônica embarcada e software para análise agrícola e operacional. Em 2001 a Enalta mudou-se para a incubadora "ParqTec" (Parque de Alta Tecnologia da Cidade de São Carlos) e no ano seguinte lançou a primeira linha da família de controladores eletrônicos para fertirrigação, linha 1000. Em 2005 lançou o Sistema de Informação Geográfica Agrícola, o PIMS-SIG, que permite consultas agrícolas com mapas geográficos. No mesmo ano foi fundada a Enalta Software, Serviços e Sistemas, empresa especializada em desenvolvimento, manutenção e treinamento de sistemas integrados de eletrônica embarcada, mobilidade e sistemas. No ano seguinte a empresa lançou tecnologias inéditas: o monitor de plantio para plantadoras automáticas de Cana-de-Açúcar e o controlador eletrônico de pulverização.

Ainda no âmbito da modalidade PITE, uma iniciativa que tem crescido nos últimos anos, é a de lançamento de editais conjuntos com empresas, neste caso é realizado um convênio, no qual cada uma das partes concede 50% dos recursos, que se consolidam em uma chamada única de projetos em determinadas linhas de pesquisa. Neste caso, a cadeia sucroalcooleira possui 2 editais de empresas relacionados às suas atividades, o da Dedini e o da ETH Bioenergia. O edital FAPESP-Dedini foi lançado em 2007, sendo que o acordo de cooperação possui um aporte financeiro de R\$100 milhões com desembolsos ao longo de 5 anos<sup>34</sup>. Nesta 1ª chamada, os recursos disponíveis foram de R\$ 20 milhões e se destinaram ao financiamento de projetos de pesquisa básica e aplicada nos seguintes temas: a) Pesquisa científica ou tecnológica aplicada ao desenvolvimento de tecnologia para o sistema Dedini Hidrólise Rápida (DHR) - conversão do bagaço de cana-de-açúcar via rota química (ácida); b) Pesquisa científica sobre hidrólise utilizando rotas químicas e/ou enzimáticas (2ª geração) ou sobre rotas que produzem combustíveis líquidos por gaseificação, produção de gás de síntese e devidas conversões catalíticas (3ª geração); c) Produção de energia; d) Consumo de energia; e) Rendimento e

---

<sup>34</sup> Mais informações podem ser consultadas em <http://www.fapesp.br/2912> (acesso em 31/10/2011).

eficiência de processos. Entretanto, somente um projeto de pesquisa foi contratado no âmbito desta chamada mesmo diante do montante de recursos disponíveis. Já o edital FAPESP-ETH Bioenergia foi lançado em setembro/2011 por meio de um acordo de cooperação de R\$20 milhões, cuja 1ª chamada recebeu R\$ 10 milhões como recursos disponíveis nos seguintes temas: manejo varietal de cana-de-açúcar; multiplicação acelerada de variedades; desenvolvimento de biomassas de ciclo curto para complementar a cana-de-açúcar na produção de etanol e bioenergia; desenvolvimento de leveduras industriais com melhor desempenho fermentativo de açúcares (hexoses e pentoses) para etanol; otimização da fermentação com ganhos em produtividade e otimização energética da usina (sistemas de recuperação energética industrial); sistemas para automação agrícola com perspectivas para agricultura de precisão da cana-de-açúcar; desenvolvimento agrícola da cana-de-açúcar para implantação de estrutura que permita o apontamento de atividades e sua transmissão para a usina em tempo real; otimização do processo produtivo agrícola da cana-de-açúcar e recuperação e uso de subprodutos e resíduos (CO<sub>2</sub>, palha, bagaço e vinhaça)<sup>35</sup>. Os projetos poderão ser submetidos até dezembro/2011, cuja avaliação só será divulgada em junho/2012, por isso ainda não é possível termos uma avaliação da demanda de projetos alinhadas ao edital.

O suporte financeiro da FAPESP também tem sido fundamental para o apoio às pesquisas no setor. O aumento dos financiamentos direcionados ao setor iniciou-se com um projeto sobre o genoma da cana-de-açúcar, em 1999, cujo objetivo era sequenciar o DNA da cana-de-açúcar e identificar cerca de 50 mil genes com interesse econômico, como a resistência a doenças<sup>36</sup> e o metabolismo da sacarose. Nos últimos anos, o suporte financeiro destinado às pesquisas no setor da Dedini merece destaque: R\$ 100 milhões entre 2007 e 2011. Esta cooperação com a Dedini é a maior parceria privada da história da FAPESP e inclui o projeto piloto para desenvolvimento da hidrólise ácida mencionado acima<sup>37</sup>.

Em 2008 foi criado o Programa para a Pesquisa em Bioenergia (BIOEN), um programa público de pesquisa, financiado pela FAPESP, que pretende articular a P&D privada e pública, com o uso dos laboratórios industriais e acadêmicos para o avanço do conhecimento nas áreas relacionadas à

---

<sup>35</sup> Informações disponíveis em <http://www.fapesp.br/6601> (acesso em 31/10/2011).

<sup>36</sup> O Instituto Biológico tem contribuições importantes em áreas como controle biológico de pragas, além de ter participado do PROCANA e possuir forte interação com o CTC.

<sup>37</sup> Fonte: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/noticias/index.php?cod=127>.



produção de etanol, com um investimento de US\$ 130 milhões nos próximos cinco anos<sup>38</sup>. O BIOEN está organizado em cinco divisões em áreas específicas:

- ✓ *Pesquisa em biomassa*: foco em cana-de-açúcar, incluindo genômica, bioquímica, biologia celular, fisiologia e plantação de cana;
- ✓ *Pesquisa em tecnologias de etanol*: ênfase no processamento e engenharia para produção de etanol;
- ✓ *Alcoolquímica e biorefinarias*: foco integrado na química do açúcar, alcoolquímica e bioprodutos;
- ✓ *Engenharia*: ênfase nos desenvolvimento de motores de veículos a etanol;
- ✓ *Impactos*: estudos sociais, econômicos e ambientais, como uso da terra e propriedade intelectual associados à indústria sucroalcooleira.

O programa BIOEN estabeleceu parcerias entre a indústria para atividades de cooperação em P&D entre os laboratórios industriais e os acadêmicos das universidades, embora ainda não existam indicadores para mensurar seus resultados diante do início recente.

Outra empresa que tem recebido apoio financeiro da FAPESP é a Oxiten, uma empresa do grupo Ultra, destinado ao desenvolvimento do etanol a partir de materiais celulósicos, por meio do lançamento de chamadas públicas (editais) para a seleção de projetos de pesquisa. O programa da FAPESP com a Oxiten tem um orçamento de R\$ 6 milhões, dos quais metade é financiada pela empresa; R\$1,5 milhão pela FAPESP e o restante pelo BNDES<sup>39</sup>.

Com estes indicadores sobre os financiamentos concedidos pela FAPESP para as atividades de inovação no setor sucroalcooleiro pode-se concluir alguns elementos. Ainda há melhoramentos contínuos nos processos agrícolas do etanol de 1ª. geração, novas áreas do conhecimento começam a ser utilizadas para viabilizar novos processos produtivos e a geração de novos produtos com o etanol de 2ª. geração, juntamente com a aplicação da cana no desenvolvimento de novos produtos em nichos específicos. Além disso, as empresas apoiadas pela FAPESP possuem projetos com elevado conteúdo tecnológico, que diz respeito tanto à geração de soluções 100% nacionais como também à realização de melhoramentos efetivos em produtos e processos produtivos. Muitas dessas empresas também revelam uma forte interação com as universidades,

---

<sup>38</sup> Fonte: **Revista Fapesp**, disponível em <http://revistapesquisa.fapesp.br/index.php?art=4922&bd=4&pg=1> (acesso realizado em 22/07/2010).

<sup>39</sup> <http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/news-oxiten-fapesp070131.php> acesso em 10/08/2010.

já que se originaram de incubadoras ou estão sediadas em parques tecnológicos, o que demonstra o caráter inovativo das atividades dessas empresas, que não se restringem a fornecedores ou prestadores de serviços para o setor sucroalcooleiro.

Com relação aos projetos apoiados pelo edital de Subvenção Econômica da FINEP entre os anos 2006 e 2009 foram identificados 43 projetos, que totalizaram um valor financiado de aproximadamente R\$137 milhões, em um perfil bastante diversificado. Os projetos de maior valor foram concedidos à Canaviallis (R\$19 milhões), seguido da Vale Soluções em Energia (R\$ 18 e R\$11 milhões) e da Alellyx (R\$ 9 milhões). Há empresas apoiadas do setor de máquinas agrícolas, consultoria ambiental e transportes, envolvidas em pesquisas relacionadas à hidrólise e geração de eletricidade. Um tema de pesquisa referenciado em vários projetos foi o vinhoto, um resíduo do processo produtivo da indústria sucroalcooleira, especificamente da destilação do álcool, que pode ser poluente, mas graças ao desenvolvimento de inovações incrementais tem sido utilizado também como fertilizante.

#### *c. A geração de conhecimento e as atividades formais de pesquisa<sup>40</sup>*

As atividades formais de P&D estão concentradas em alguns institutos de pesquisa, públicos e privados, como o CTC, a RIDESA, o IAC, a Embrapa e o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e ainda em núcleos de pesquisa de empresas da indústria sucroalcooleira como a CanaViallis e outros projetos específicos.

Como já mencionado na descrição do SSI sucroalcooleiro, o CTC é um agente fundamental na construção da base científica e tecnológica do setor. Os principais projetos de pesquisa são direcionados para o desenvolvimento de melhoramentos genéticos, de acordo com as especificações das empresas associadas, sendo que também há projetos em áreas relacionadas às atividades agrícolas e industriais da produção. Na fabricação de etanol as principais pesquisas destinam-se ao aumento da eficiência dos processos, como na fermentação, e em avanços na “fronteira tecnológica”, em estudos para o etanol de 2ª geração, fabricado a partir do bagaço, inovações tecnológicas no processo Melle-Boinot (fermentação por meio da recuperação da levedura), reciclagem de biomassa) e o desenvolvimento de biorefinarias. Um projeto

---

<sup>40</sup> Informações coletadas na pesquisa de campo – fase 1, conforme Quadro 1 do Anexo IV, também apresentados e discutidos em Varrichio e Queiroz (2010).

interessante refere-se à cooperação entre o CTC e a Dedini na planta piloto de hidrólise ácida, que já está em funcionamento na usina São Luiz, em Pirassununga (SP) como unidade de demonstração. O processo denominado “Dedini Hidrólise Rápida” produz etanol a partir do bagaço e da palha por meio de uma reação química com água<sup>41</sup>. Este processo já se encontra patenteado em outros países, como EUA, Rússia e União Europeia, embora no Brasil a produção em escala industrial ainda não tenha sido viabilizada.

Outro projeto de “vanguarda tecnológica” é o de gaseificação da biomassa, realizado por um consórcio composto por empresas (Braskem e Oxiteno), institutos públicos de pesquisa (IPT e IPEN), CTC, Dedini e UNICA, entre outras instituições, denominado Consórcio para o Desenvolvimento da Gaseificação de Biomassa. O projeto tem como objetivo a construção de um laboratório de pesquisa para gaseificação de biomassa em escala piloto<sup>42</sup>, em um custo aproximado de R\$ 60 milhões, com suporte financeiro do BNDES (65%) e da FAPESP<sup>43</sup>.

O CTC também tem projetos importantes em pesquisa aplicada como ilustra o projeto “CaneBioFuels”, com apoio de instituições europeias. O objetivo deste projeto é criar uma plataforma científica e tecnológica para o desenvolvimento, em escala comercial, de um processo de conversão da biomassa de cana-de-açúcar em açúcar fermentáveis.

Em São Paulo também está sendo estruturado o Centro Paulista de Bioenergia por meio de um convênio entre a FAPESP, a Secretaria de Ensino Superior e as universidades paulistas – USP, Unicamp e Unesp, criado em 2010. O projeto é resultado dos desafios mapeados pela Comissão de Bioenergia do governo paulista, realizada entre 2007 e 2008. A Secretaria irá repassar R\$ 18,4 milhões, que serão destinados à construção de laboratórios, reformas e compra de equipamentos. As universidades devem contratar pesquisadores na área de bioenergia e a FAPESP deve selecionar e financiar os projetos em bioenergia vinculados ao centro. O investimento total deve

---

<sup>41</sup> Fonte: “Álcool a partir do bagaço da cana”, Revista Fapesp, no. 95, jan/2004. Disponível em <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=1963&bd=4&pg=1> (acesso em 22/07/2010).

<sup>42</sup> Informações coletadas em [http://www.ctcanavieira.com.br/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=181&Itemid=1279](http://www.ctcanavieira.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=1279) (acesso realizado em 22/07/2010).

<sup>43</sup> Fonte: “R\$ 60 mi para gaseificar biomassa”, Energia Hoje, 28/07/2009. Disponível em [http://www.energiahoje.com/online/gas/logistica-&-comercializacao/2009/07/28/389152/r\\$-60-mi-para-gaseificar-biomassa.html](http://www.energiahoje.com/online/gas/logistica-&-comercializacao/2009/07/28/389152/r$-60-mi-para-gaseificar-biomassa.html) (acesso realizado em 22/07/2010).

ser superior a R\$ 150 milhões. A ideia do projeto é que os novos laboratórios tenham um caráter multidisciplinar e esteja sediado nas universidades paulista, contanto com o envolvimento de pesquisadores de áreas como agronomia, química, biologia, física, matemática, engenharia e ciências sociais. Dentre os resultados esperados, além da contratação de pesquisadores e formação de competências, há a criação de um programa de pós-graduação específico em bionergia no estado.

A fundação da Embrapa Agroenergia, em 2007, também é um fato que merece destaque nas atividades de P&D do setor sucroalcooleiro. Esta unidade específica da EMBRAPA objetiva a condução e coordenação de pesquisas, desenvolvimentos e criação de plataformas de inovação em etanol, biodiesel e resíduos, além de buscar uma maior ênfase nas tecnologias relacionadas à biomassa<sup>44</sup>. Atualmente há quatro programas destinados ao melhoramento de variedades genéticas da cana-de-açúcar: RIDESA, IAC, CTC e CanaVialis (CGEE, 2009). O último programa é o da empresa CanaVialis, fundada em 2004, que trabalha em parceria com, a Alellyx, destinada exclusivamente às pesquisas genéticas. As empresas desenvolvem pesquisas em novas variedades através da biotecnologia. Essas duas empresas, Alellyx e CanaVialis, foram adquiridas pela Monsanto, em 2008, no valor de US\$ 290 milhões. Esta aquisição foi bastante polêmica devido às origens da CanaVialis. A empresa de biotecnologia foi fundada em 2003 por meio de um investimento de R\$ 25 milhões do grupo Votorantim Investimentos em um grupo de pesquisadores de universidades públicas que haviam participado do sequenciamento do genoma da bactéria *Xylella fastidiosa* (Alellyx é a grafia ao contrário de *Xylella*), enquanto que para a CanaVialis foram selecionados pesquisadores com mais de 30 anos de experiência no desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar, especialmente aqueles que haviam atuado na Ridesa<sup>45</sup>. A empresa foi reconhecida como um empreendimento bem sucedido do setor porque detinha 15% do mercado doméstico e possuía parcerias com as maiores usinas do país. A venda da Votorantim Novos Negócios para a Monsanto em 2008 gerou uma transação de aproximadamente R\$300 milhões.<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup>Fonte <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2009/o-papel-da-embrapa-agroenergia-e-a-agroenergia-da-embrapa>. Acesso em 10/08/2010.

<sup>45</sup> Fonte: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/noticias/index.php?cod=439> acesso em 25/02/2011.

<sup>46</sup> Fonte: Jornal Valor Econômico, **Fundadores da CanaVialis criam cana só para biomassa**, publicada em 08/08/2011.

O programa de melhoramento genético da CanaVialis é o maior do mundo porque é baseado em 1,5 milhão de plântulas anuais obtidas de sementes híbridas produzidas na sua própria estação de cruzamento e produção de cana sediada em Maceió. A empresa possui ainda duas estações experimentais e contratos com 34 usinas, sendo que aproximadamente metade pertence ao Grupo Cosan (Furtado *et al*, 2008). Já Pedro (2008) propõe um *ranking* de competitividade sobre os programas de pesquisa para melhoramentos genéticos da cana, no qual o CTC é apontado como líder em tecnologias estratégicas e na exploração de novas rotas tecnológicas. A RIDESA ocupa uma posição importante nos melhoramentos “clássicos” e na pesquisa básica. O IAC detém a terceira posição graças à sua atuação em nichos específicos em atividades de desenvolvimento. Por último, o programa da CanaVialis possui um potencial importante nas atividades pioneiras na área de biotecnologia.

Em 2009 começou a ser estruturado o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), oficialmente inaugurado em 2010. A concepção do CTBE surgiu em 2007, a partir de um estudo que levantou os desafios da produção brasileira de etanol para os próximos 20 anos ao examinar as possibilidades de se multiplicar por dez, de forma sustentada, a produção atual de álcool até o ano de 2015. O centro é um laboratório nacional vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), localizado em Campinas-SP, que tem como objetivo: primeiramente realizar pesquisa, desenvolvimento e inovação em bioetanol; em segundo lugar, articular a pesquisa externa entre as universidades e institutos públicos de pesquisa e, em terceiro lugar, gerar informações estratégicas e tecnologias para a indústria por meio da cooperação entre os agentes. O foco do laboratório é em pesquisa básica e aplicada, com cerca de 50 pesquisadores permanentes e outros 80 visitantes, sendo que até 2013 deve atingir 130 colaboradores fixos. Os investimentos no laboratório foram de aproximadamente R\$ 69 milhões e ainda conta com pesquisas apoiadas pela FAPESP, que já forneceu recursos de R\$ 2 milhões para projetos já em andamento. Os projetos estão concentrados no desenvolvimento do etanol de segunda geração, produzido a partir da celulose da cana-de-açúcar por meio da hidrólise. Além disso, o laboratório também deve servir como um local de testes dos resultados das pesquisas para os processos industriais disponível aos pesquisadores da área através de uma miniplanta industrial. As principais linhas de pesquisa e atividades de atuação do CTBE são:

- Planta piloto para processo de desenvolvimento, baseada em biomassa;

- Modelo sustentado destinado ao plantio de cana com mecanização de baixo impacto;
- Sustentabilidade (desenvolvimento de metodologias para mensurar);
- Pesquisa básica
- Biorefinaria virtual.

O CTBE também deve desenvolver e operar uma “agenda científica” para enfrentar os desafios da agenda tecnológica brasileira nos próximos anos.

Os especialistas da área reconhecem que todas as novas rotas tecnológicas para o desenvolvimento do etanol de 2<sup>a</sup>. geração - hidrólise ácida ou enzimática, extração da biomassa da celulose ou gaseificação da biomassa – já existem em escala laboratorial em vários países e o Brasil não seria o pioneiro nestes avanços científicos. Há aproximadamente 12 projetos em escala piloto ou de demonstração do processo de hidrólise de celulose, sendo que os países que merecem destaque nestes avanços são a Suécia, a Dinamarca, a Holanda, a Espanha, o Canadá, a China e os EUA (Rosario, 2008).

O problema central é tornar essas tecnologias viáveis economicamente em escala industrial<sup>47</sup>, particularmente através da redução dos custos econômicos dos processos para torná-los atrativos aos investimentos privados. Os pesquisadores ainda irão precisar de tempo para encontrar uma solução viável para o etanol de 2<sup>a</sup>. geração em termos de progresso tecnológico e custos econômicos. Até que esses desafios sejam superados, a liderança brasileira no etanol de 1<sup>a</sup>. geração provavelmente irá se manter devido à enorme disponibilidade a baixo custo da sua matéria-prima. Esse processo de desenvolvimento de novas tecnologias para produção do etanol de 2<sup>a</sup>. geração é sintetizado nas palavras de Bonommi, pesquisador do CTBE:

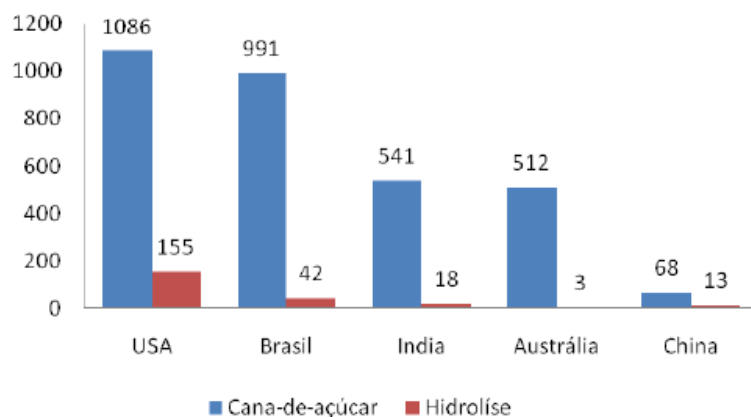
*“... o mundo sabe como produzir etanol a partir de materiais celulósicos. O que o mundo e nós não sabemos é como fabricar o etanol de materiais celulósicos que possa se tornar um rival do etanol brasileiro de cana-de-açúcar e possa vencê-lo”*<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> O desenvolvimento tecnológico de um novo processo é extremamente difícil o que diz respeito à transição da escala de produção. Geralmente o desenvolvimento de uma nova tecnologia se inicia com os testes em escala de bancada laboratorial. A fase seguinte é a produção em uma planta piloto e em uma unidade de demonstração (semi-industrial). A última fase é a produção em escala industrial, sendo que em cada um dessas escalas de produção, os resultados esperados do processo podem ser alterados.

<sup>48</sup> Fonte: <http://www.inovacao.unicamp.br/report/noticias/index.php?cod=653> acesso em 20/12/2011.

**FIGURA 3. 22. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SOBRE CANA-DE-AÇÚCAR E HIDRÓLISE NO MUNDO**



Fonte: Cruz (2007) a partir de dados das publicações da base ISI (*Institute for Scientific Information*), disponível em Rosario (2008: 85).

Há ainda alguns projetos industriais sendo desenvolvidos em novas rotas tecnológicas. O projeto Bioetanol integra 150 pesquisadoras de 14 universidades brasileiras e a universidade de Lund, com o objetivo de estudar a rota enzimática com o suporte financeiro da FINEP. A Petrobras também possui pesquisadores envolvidos em projetos para novas rotas, sendo que em seu centro de pesquisa (CENPES) há uma planta piloto para produção de etanol a partir de materiais celulósicos com a rota enzimática em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro, que já resultou em duas patentes (Elabora Consultoria, 2008).

Com a discussão realizada neste capítulo pode-se observar que as atividades LMT ainda desempenham papel destacado na estrutura da indústria brasileira e por isso podem se tornar uma oportunidade interessante se forem aproveitadas as oportunidades emergentes no cenário mundial. Diante disso, o estudo de caso da cadeia sucroalcooleira brasileira torna-se relevante na medida em que permite avaliar as competências acumuladas ao longo da cadeia, já que embora exista uma baixa intensidade de P&D segundo os indicadores usuais, podemos perceber a complexidade do sistema setorial de inovação e sua trajetória evolutiva nas últimas décadas. Tais elementos permitiram que o Brasil alcançasse uma posição internacional competitiva frente aos demais concorrentes globais mas que deve ser avaliada de forma detalhada, principalmente com a contribuição efetiva de segmentos difusores de inovação, como os fornecedores de máquinas e equipamentos, para prospectar se essa posição tende a se consolidar ou surge uma nova realidade para o setor diante dos novos desafios. O exame das competências tecnológicas dos fornecedores é o objeto de discussão do próximo capítulo, resultado da pesquisa de campo da tese.

## **Capítulo IV. Capacitação Tecnológica dos Fornecedores da Cadeia Produtiva Sucroalcooleira: uma análise a partir dos dados da pesquisa de campo**

### **Introdução**

O objetivo deste capítulo é caracterizar as atividades produtivas e tecnológicas dos fornecedores de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro a partir dos resultados da pesquisa de campo da tese. A pesquisa foi realizada nas duas principais aglomerações produtivas do setor no Estado de São Paulo: os municípios de Sertãozinho e Piracicaba <sup>49</sup>.

A área geográfica da amostra se concentrou no Estado de São Paulo, que detém aproximadamente 300 usinas, 73% das exportações brasileiras de açúcar e etanol (2006), 40% Valor da Produção e do Valor de Transformação Industrial, 35% do Pessoal Ocupado e 47% dos salários gerados no país (PIA/IBGE, 2005). Deve se destacar ainda o tamanho do mercado consumidor como fator determinante da competitividade do setor no Estado de São Paulo. As plantações de cana ocupam 4 milhões de hectares distribuídos em praticamente todas as regiões do Estado, mas destacam-se os municípios de Sertãozinho e Piracicaba. Nessas regiões é possível se identificar não só as plantações de cana, mas também as usinas, os fabricantes de máquinas e equipamentos e um grande número de outros fornecedores e prestadores de serviços que consolidam todos os elos da cadeia produtiva (Toneto Jr. e Liboni, 2008).

Esses municípios se caracterizam por aglomerações produtivas devido à elevada concentração de empresas da cadeia produtiva sucroalcooleira em uma mesma região geográfica, que pode ser explicada pela evolução histórica do desenvolvimento industrial nestas localidades. O total de empregos gerados pela indústria de transformação é relativamente maior nestes municípios (RAIS, 2006<sup>50</sup>): enquanto no estado de São Paulo, o emprego na indústria de transformação responde por 23% do total de empregos, em Piracicaba este indicador é de 29% e em Sertãozinho alcança 53% do total. A participação no emprego total gerado nas indústrias metalúrgica e

---

<sup>49</sup> A pesquisa de campo foi realizada entre os dias 31/11/2010 e 04/01/2011, nos municípios de Piracicaba-SP e Sertãozinho-SP, em 10 empresas fabricantes de máquinas e equipamentos, de diversos portes e segmentos de atuação. No intuito de preservar a identidade das empresas, os dados serão tratados de forma agregada, já que o intuito é apresentar um panorama do setor e não discutir a atuação de cada empresa individualmente.

<sup>50</sup> No Anexo Estatístico do trabalho os autores apresentam as listas com as atividades, com os empregados e estabelecimentos por subsetores no Estado de São Paulo, Piracicaba e Sertãozinho, utilizadas como referência na análise com dados da RAIS de 2000, 2004 e 2006.



mecânica também revela a concentração de empresas fabricantes de bens de capital nestes municípios. A participação relativa dos empregos gerados na indústria metalúrgica no emprego total mostra que: no estado de São Paulo foi de 2,59%, em Sertãozinho de 8,58% e em Piracicaba de 4,61% em 2006. Já os empregos da indústria mecânica tiveram uma participação relativa de 2,02% no número total de empregos do estado de São Paulo, mas em Sertãozinho e Piracicaba este mesmo indicador foi de 14,59% e 11,70%, respectivamente (Liboni e Toneto Jr., 2008). Tais indicadores revelam a forte concentração industrial das empresas do segmento mecânico e metalúrgico, geralmente voltadas para a cadeia produtiva sucroalcooleira, nestas localidades.

Para a coleta dos dados foi aplicado um questionário semiestruturado<sup>51</sup>, na forma de entrevista presencial, em uma amostra de 10 empresas dos diferentes segmentos de equipamentos e máquinas utilizados na cadeia produtiva sucroalcooleira. O levantamento de dados feito na pesquisa de campo deste trabalho buscou caracterizar as atividades produtivas e tecnológicas dos fornecedores de máquinas e equipamentos, a fim de examiná-las e compará-las com as experiências internacionais bem sucedidas, análise que será realizada no próximo capítulo.

Vale ressaltar o caráter único deste trabalho, uma vez que existem diversas pesquisas e estudos, tanto acadêmicos quanto setoriais, realizados inclusive pelo governo, sobre as atividades científicas e tecnológicas das atividades agrícolas do setor sucroalcooleiro, mas não das atividades industriais. Isso também justifica a seleção de determinados elos da cadeia produtiva para que seja realizada a análise aprofundada de suas atividades tecnológicas. Embora o termo “cadeia produtiva” tenha sido amplamente discutido ao longo do trabalho e sua definição englobar uma amplitude de elos e atividades interrelacionadas, a fim de enriquecer os resultados e a contribuição efetiva deste trabalho, foram privilegiados os elos industriais da cadeia, com destaque para o papel das usinas, dos fornecedores de máquinas e equipamentos, das ICTs e do governo na construção e geração das atividades tecnológicas do setor sucroalcooleiro.

Vários estudos têm enfatizado a discussão sobre a sustentabilidade da expansão da produção de etanol, como uma alternativa ao uso dos combustíveis fósseis (CGEE, 2009; CGEE, 2008), outros se dedicam à elaboração de cenários prospectivos de longo prazo (Scandiffio, 2005). Há ainda trabalhos que têm dado atenção aos resultados de programas específicos de P&D como o Proalcool e o Procana, além da atuação de agentes importantes no setor como a Copersucar e o IAC (Corazza e Salles Filho, 2000; Hasegawa, 2005, Olalde, 1992 e Mariotoni, 2004). A análise

---

<sup>51</sup> O questionário aplicado na 2ª. fase da pesquisa de campo consta no Anexo IV.

do Sistema de Inovação Sucroalcooleiro também já foi realizada com diferentes enfoques, geralmente com um olhar sobre as atividades agrícolas da produção de etanol, como a dinâmica tecnológica e a evolução das inovações tecnológicas, a organização da pesquisa, a importância da padronização, a interação entre os agentes para geração de conhecimentos e a contribuição das diferentes bases de conhecimento distribuídas ao longo das atividades da cadeia de produção (Abarca, 1999; Fonseca *et al*, 2007; Pedro, 2008; Souza e Hasenclever, 2008; Dantas e Figueiredo, 2009, Andersen, 2009, Strachman e Pupin, 2011). No entanto as atividades industriais ainda foram pouco exploradas, principalmente aquelas produtivas e tecnológicas realizadas pelos fabricantes de máquinas e equipamentos, que compõe o setor de bens de capital, importante fonte de difusão de tecnologias para os demais elos da cadeia produtiva e para o restante da estrutura industrial brasileira. Como discutido no primeiro capítulo, a capacitação tecnológica dos fornecedores locais de máquinas e equipamentos explica, em grande parte, a experiência bem sucedida de alguns países em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais.

#### **4.1. A importância dos fornecedores de máquinas e equipamentos na cadeia produtiva sucroalcooleira**

Uma das preocupações deste trabalho foi entender os ganhos de produtividade industrial crescentes na cadeia produtiva (figura 3.13) e, particularmente, verificar se as atividades tecnológicas foram as principais responsáveis por tais ganhos, alinhando-se à perspectiva de Liboni e Toneto Jr. (2008) ao ressaltar a contribuição dos encadeamentos produtivos e tecnológicos promovidos pelas atividades dos fornecedores:

*“A usina, ou a planta industrial, é composta de um conjunto de equipamentos que compõem as etapas de extração, tratamento, fermentação e destilação, além de utilidades para a produção de energia, transporte de matéria-prima, obtenção e tratamento de água, entre outros. A produtividade na etapa industrial depende tanto do desenvolvimento do setor de bens de capital nas diferentes etapas do processo produtivo como dos projetos de engenharia de integração dos diferentes componentes para a montagem da usina... As inovações geradas nas empresas fornecedoras de bens de capital foi um dos determinantes para os ganhos de produtividade no setor e para a consolidação da competitividade brasileira. Vale destacar uma importante característica do setor sucroalcooleiro, este possui fortes links com o setor industrial, tanto para trás como demandante de matérias-primas e, principalmente, equipamentos industriais e agrícolas, como para frente com os diferentes produtos gerados pelo setor que se direcionam para diversos tipos de indústria” (Liboni e Toneto Jr., 2008: 02).*

A contribuição das atividades industriais no desempenho da cadeia produtiva pode ser observada pela evolução dos indicadores de produtividade do setor entre a década de 1975 e 2005, como ilustrou o gráfico 3.13 apresentado no capítulo anterior. Podemos observar que a produtividade industrial segue a mesma tendência da produtividade agrícola, com um aumento contínuo desde a década de 1970. Os ganhos na área agrícola são justificados, em grande parte, pelo significativo desenvolvimento de variedades genéticas de cana-de-açúcar, em que pode se destacar a atuação do CTC e do IAC, dentre outros elementos do Sistema Setorial de Inovação, como discutido no capítulo anterior. Por outro lado, a evolução dos ganhos de produtividade industrial pode ser explicada pela existência de inovações tecnológicas incrementais, geralmente por meio da permanente melhoria dos processos nas usinas, em que a interação usuário-produtor assume importância fundamental neste processo de capacitação tecnológica. A partir dessa premissa, o trabalho buscou explicar a contribuição dos fornecedores nesses ganhos de produtividade industrial, mas ainda era necessário verificar a relevância das atividades dos fornecedores de máquinas e equipamentos frente à totalidade do valor agregado em cada elo da cadeia produtiva. Embora reconheça-se que as usinas concentrem grande parte do valor agregado na cadeia, já que realizam fases críticas da transformação dos insumos em produtos, merece destaque a contribuição do elo da fabricação de máquinas e equipamentos para as usinas, já que o trabalho pretende explorar as capacidades produtivas e tecnológicas dos fornecedores de máquinas e equipamentos diante do seu potencial como difusor de tecnologias e gerador de encadeamentos para o restante da cadeia produtiva e para a estrutura industrial.

Em seguida, houve um esforço para a identificação das principais empresas em cada um dos segmentos de fabricação de máquinas e equipamentos, a fim de construir uma amostra diversificada para caracterizar as atividades produtivas e tecnológicas. A coleta de dados para seleção de empresas para a composição da amostra foi realizada através da consulta a várias fontes de dados agregados setoriais<sup>52</sup>:

- Anuário do Agronegócio – Revista Exame 2007;
- Cadastro de associados da UNICA;
- Anuário 1000 maiores empresas – Jornal Valor Econômico 2009;
- Relatórios anuais das empresas;

---

<sup>52</sup> Inspirado nas etapas da metodologia de Furtado (2009) para análise da cadeia produtiva aeronáutica brasileira.

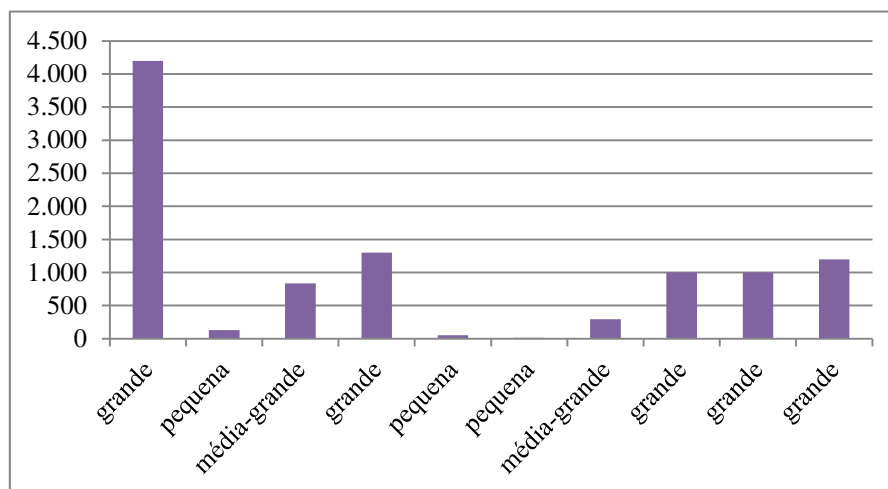
- Cadastro de associados do Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis (CEISE);
- Indicações de Instituições de Pesquisa e especialistas setoriais;
- Notícias e boletins setoriais especializados.

#### **4.2. Caracterização da amostra da pesquisa de campo**

Primeiramente realizaremos uma caracterização das empresas entrevistadas na amostra da pesquisa de campo, como ilustra a figura 4.1. e o quadro 4.1. Vale mencionar ainda a dificuldade da realização dessas entrevistas presenciais no período mencionado, uma vez que as usinas paulistas encontravam-se no período de entressafra e grande parte delas estava em atividades de manutenção e reposição dos equipamentos, o que gera uma demanda cíclica e concentrada nesse período nos fabricantes de máquinas para o setor.

O processo histórico de desenvolvimento da cadeia produtiva sucroalcooleira nos municípios de Piracicaba e Sertãozinho também ressalta a importância da pesquisa de campo ser realizada nessas localidades. Desde 1940 há duas importantes empresas especializadas na fabricação de máquinas e equipamentos para o setor, a Dedini, localizada em Piracicaba, e a Zanini, sediada em Sertãozinho. Com a evolução do setor e depois do auge do desenvolvimento proporcionado pelo Proálcool, nos anos de 1970, as empresas enfrentaram dificuldades. Hoje a Dedini é a empresa líder do setor e concentra as atividades da Dedini, Zanini, Codistil e Banoni com uma elevada integração vertical de suas atividades. Em Sertãozinho existe um grande número de prestadores de serviços e empresas metalúrgicas e mecânicas em segmentos e nichos específicos, sendo que sua maioria são empreendedores que já haviam trabalhado na Zanini recentemente.

**FIGURA 4. 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DA PESQUISA DE CAMPO: EMPRESAS ENTREVISTADAS SEGUNDO PORTE E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS**



Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

Como ilustra a figura acima, a maioria das empresas entrevistadas foi de grande porte (com Receita Operacional Bruta acima de R\$ 300 milhões), cujo número de funcionários empregados variava entre 1.000 e 4.200, mas a maioria delas possuía entre mil e 1,5 mil colaboradores. Somente 3 empresas eram de pequeno porte (com Receita Operacional Bruta menor ou igual a R\$ 2,4 milhões), sendo que o número de funcionários nessas empresa oscilava entre 15 e 130.

Ressaltamos que a amostra representa efetivamente a participação de empresas fabricantes de máquinas e equipamentos para o setor de açúcar e etanol porque incluiu as principais empresas da cadeia, bastante concentrada em um grupo restrito de empresas, no qual somente as maiores representam em média 50% em cada um dos segmentos dos equipamentos. No que se refere às grandes empresas, que detém o maior *market-share* em seus mercados, os percentuais variam de acordo com o segmento, seja de instalações completas e destilarias para usinas (50%), caldeiras (40%) ou turbinas a vapor (70%)<sup>53</sup>.

A amostra foi composta por empresas de diversos segmentos de produtos de máquinas e equipamentos, desde grandes empresas fornecedoras de plantas industriais complexas até pequenos fabricantes atuantes em nichos de mercados, como automação de sistemas e fundição de determinadas peças e componentes, como ilustra o próximo quadro.

<sup>53</sup> Fonte: Relatórios Anuais das empresas e publicações setoriais especializadas.

**QUADRO 4. 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA: EMPRESAS ENTREVISTADAS SEGUNDO SEGMENTO DE ATUAÇÃO NA CADEIA PRODUTIVA**

|           | <b>Atuação na cadeia produtiva/principais produtos no setor sucroalcooleiro</b>                    | <b>Porte*</b> | <b>Localização (entrevista)</b> |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| <b>1</b>  | Máquinas e equipamentos em geral, inclusive plantas industriais completas                          | Grande        | Sertãozinho                     |
| <b>2</b>  | Peças de fundição em geral                                                                         | Pequena       | Sertãozinho                     |
| <b>3</b>  | Automação em geral                                                                                 | Grande        | Sertãozinho                     |
| <b>4</b>  | Turbinas e destilarias                                                                             | Grande        | Piracicaba                      |
| <b>5</b>  | Destilaria e reforma de equipamentos em geral                                                      | Pequena       | Piracicaba                      |
| <b>6</b>  | Automação e equipamentos para sistemas                                                             | Pequena       | Piracicaba                      |
| <b>7</b>  | Correntes                                                                                          | Média-Grande  | Piracicaba                      |
| <b>8</b>  | Turbinas a vapor e reatores                                                                        | Grande        | Sertãozinho                     |
| <b>9</b>  | Plantas industriais completas, mas principalmente moendas e difusores, com exceção das destilarias | Grande        | Sertãozinho                     |
| <b>10</b> | Máquinas e equipamentos em geral, mas principalmente caldeiras e difusores                         | Grande        | Sertãozinho                     |

Nota:\* De acordo com a classificação de empresas segundo porte adotada pelo BNDES de acordo com a Receita Operacional Bruta Anual: a) Microempresa: Menor ou igual a R\$ 2,4 milhões; b) Pequena empresa: Maior que R\$ 2,4 milhões e menor ou igual a R\$ 16 milhões; c) Média empresa: Maior que R\$ 16 milhões e menor ou igual a R\$ 90 milhões; d) Média-grande empresa: Maior que R\$ 90 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões, e) Grande empresa: Maior que R\$ 300 milhões.

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

## **4.3. Discussão de resultados**

### **4.3.1. Dinâmica concorrencial**

O setor sucroalcooleiro inicia um processo de recuperação frente à crise enfrentada em 2008 e 2009, no qual os novos projetos estão sendo retomados, geralmente para a modernização de instalações industriais ou renovação do parque fabril, mas os projetos *greenfield* ainda permanecem estagnados. A crise do setor foi um dos reflexos da crise financeira global, já que várias empresas se capitalizaram em moeda estrangeira para financiar os novos investimentos e com a escassez de crédito enfrentaram sérias dificuldades para quitar suas dívidas. Neste contexto, a combinação entre o endividamento das empresas, a crise financeira mundial, a

escassez de crédito e a redução do preço do etanol nas últimas safras no mercado mundial, provocou uma crise histórica no setor<sup>54</sup>.

A dinâmica concorrencial do setor ainda está fundamentada no fator preço e os proprietários das usinas geralmente demandam determinadas inovações tecnológicas com o objetivo de aumentar a eficiência de suas usinas e obter um maior rendimento na produção (seja de açúcar, etanol ou energia elétrica). No entanto, nem sempre estes usineiros estão dispostos a realizar o investimento necessário para o desenvolvimento dessas inovações tecnológicas e incorporá-las na estratégia de longo prazo de suas empresas.

A descrição dos principais atributos competitivos mencionados pelas empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos também são um indicativo dessa dinâmica concorrencial, fundamentada no cumprimento de prazos, mas que também demanda inovações tecnológicas e é fortemente influenciada pelos preços dos equipamentos, como ilustra a tabela abaixo. A importância atribuída ao “cumprimento de prazos” também se justifica pela criação de laços de confiança entre os usuários (usinas) e os fornecedores, até recentemente construída através de contatos de amizade com os tradicionais fabricantes nas últimas décadas, uma característica de destaque na relação usuário-produtor como será discutido posteriormente.

**TABELA 4. 1. PRINCIPAIS ATRIBUTOS COMPETITIVOS DOS FORNECEDORES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA**

| <b>Atributo Competitivo</b>                         | <b>Número de empresas</b> | <b>Frequência (em % )</b> |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Cumprimento de prazos                               | 7                         | 70                        |
| Capacidade de inovação tecnológica                  | 7                         | 70                        |
| Preço                                               | 6                         | 60                        |
| Capacidade de customização dos produtos e processos | 4                         | 40                        |
| Recursos Humanos                                    | 3                         | 30                        |

Nota: Na resposta as empresas poderiam mencionar os 3 principais atributos competitivos. A frequência foi calculada a partir do total de empresas (10).

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

---

<sup>54</sup> Mais informações em <http://www.estadao.com.br/noticias/economia,setor-sucroalcooleiro-atravesa-pior-crise-desde-fim-dos-anos-90,428465,0.htm> e <http://www.terra.com.br/revistadinheirorural/edicoes/52/artigo126193-1.htm> (acesso realizado em 18/01/2011).

Esta dinâmica concorrencial em que a inovação tecnológica ocupa posição secundária também é percebida na descrição detalhada das principais demandas dos usuários de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro, em que elementos como preço, prazo e desempenho (em termos de incremento do rendimento operacional) ainda são os mais mencionados:

*“Usualmente ainda, o preço e o prazo são os requisitos exigidos na maioria das discussões... aspectos de desempenho e sustentabilidade só tem maior valor se discutidos previamente...”*

*“A principal demanda se refere a aumento da eficiência energética das usinas...”*

*“Geralmente as demandas são para otimização de processos visando a geração de caixa.”*

*“A demanda varia de equipamento para equipamento. Em manutenção de equipamentos e máquinas a demanda é para a redução do custo e do prazo. Em sistemas de extração a demanda é para aumento do rendimento. Nas caldeiras a demanda é para incremento do rendimento, aumento da confiabilidade operacional e incorporação de tecnologia, geralmente os avanços tecnológicos estão associados com uma maior preocupação ambiental e visam reduzir a emissão de CO<sup>2</sup>...”*

(Entrevistados, pesquisa de campo, 2010/2011).

Entretanto, o foco constante na melhoria da eficiência do processo produtivo requer o desenvolvimento de inovações tecnológicas, mesmo que seja de caráter incremental e com foco na aplicação imediata ou mesmo apenas em *design*. Por exemplo, muitas vezes, mudar suavemente o ângulo de uma rampa ou elevar a espessura de determinado equipamento resulta em um ganho no processo produtivo. Tal fato, embora não exija um grande esforço em pesquisa básica, resulta em uma inovação tecnológica incremental e isso já é o suficiente para sustentar a competitividade do setor sucroalcooleiro naquele momento e atender às exigências do mercado. Este é um aspecto determinante das atividades tecnológicas em indústrias LMT, já que há atividades criativas, capazes de resultar em inovação que não exigem o desenvolvimento de P&D geralmente associadas à aplicação do conhecimento existente em novas formas de produto, como *design* industrial e projetos de engenharia (Huang *et al*, 2010). O trabalho de Santamaria *et al* (2009), que realizou uma análise de painel com dados do *Spanish Business Strategy Survey*, foi capaz de demonstrar que as atividades de *design*, juntamente com o uso de máquinas avançadas e treinamento são fundamentais para a compreensão do processo de inovação de qualquer empresa, não somente aquelas de indústrias LMT. O *design* é considerado um processo criativo que envolve o desenvolvimento necessário entre a etapa de prototipagem até o lançamento de um



produto manufaturado finalizado, com a integração entre a “forma” do produto existente e as novas exigências do contexto em que este está inserido.

Por outro lado, quando o fornecedor de máquinas e equipamentos envolve-se em um esforço tecnológico maior, que exija mais investimentos e dedicação em pesquisas (principalmente básica) e resulte em um produto relativamente mais caro, embora apresente uma inovação tecnológica radical, nem sempre isso se torna viável para a demanda existente nas usinas. Um exemplo disso é o lançamento de usina totalmente inovadora e auto-suficiente, com total reaproveitamento de recursos e pautada no conceito de sustentabilidade, a qual foi lançada em 2008, mas até hoje não teve uma unidade vendida por causa do seu elevado custo.

Diante disso, pode-se considerar que, de acordo com a tipologia de padrões setoriais proposta por Pavitt (1994) o setor sucroalcooleiro possui a sua trajetória baseada em firmas “dominadas pelos fornecedores” e “intensivo em produção (em escala)”. Os fornecedores acumulam uma ampla capacidade de projetar e produzir grandes quantidades, geralmente a partir de *know-how* próprio e segredo industrial, que rapidamente se tornam de domínio público diante da troca de experiências entre as empresas do setor:

*“Grande parte da tecnologia envolvida no setor é de domínio público. A competitividade do setor está baseada principalmente na escala (quantidade de demandantes - tamanho do parque produtivo de açúcar e álcool do país) e na proximidade do mercado consumidor que facilita a assistência técnica e a manutenção dos equipamentos (Liboni e Toneto Jr, 2008: 09).*

Com relação à classificação de estratégia tecnológica proposta por Freeman (1974), os produtores de máquinas e equipamentos podem ser caracterizados como dotados de uma estratégia “tradicional” ou “dependente”, já que não há pressão do mercado para a mudança e dado o fato de que sua postura é reativa, uma vez que as inovações geralmente são realizadas após a solicitação de desempenho dos seus produtos pelos clientes. Por outro lado, as inovações organizacionais associadas à prestação de serviços, como a assistência técnica e rapidez no atendimento à manutenção de equipamentos são apontadas como um diferencial competitivo no setor. Os fornecedores declaram que a assistência técnica permanente (algumas vezes o atendimento por 24 horas) é um diferencial competitivo extremamente importante no setor, já que as perdas decorrentes da parada de uma usina - por defeito ou quebra de determinado equipamento - podem ser de grande magnitude, não só pela interrupção da produção como

também pelos custos de reinício dessas atividades, o que aponta para uma tendência de maior profissionalização das atividades produtivas da cadeia.

O movimento crescente de consolidação patrimonial do setor, com a entrada maciça de empresas multinacionais teve um reflexo positivo nesta tendência. Segundo dados da Datagro Consultoria, a participação estrangeira no setor, que era de 4% em 2003, atingiu 26% em 2010<sup>55</sup> e pode-se perceber que as empresas multinacionais geralmente preferem contratar uma empresa de consultoria externa para gerenciar suas compras de equipamentos ou possuem um departamento específico para essas atividades, o que resultou em uma ruptura no estabelecimento de relações comerciais fundamentadas apenas na “tradição”, que sempre vigorou no setor. Até recentemente, as compras de equipamentos eram realizadas estritamente na relação de amizade e histórico de atuação de determinados grupos de fabricantes com os proprietários das usinas. Hoje o cenário é diferente, as informações técnicas se tornaram o elemento crítico da negociação e isso impôs maior formalidade e profissionalização nas transações entre fabricantes e usinas, o que pode abrir novas perspectivas para as atividades tecnológicas no setor.

#### **4.3.2. Atividades produtivas: conteúdo local e comércio exterior**

O percentual de insumos com origem em conteúdo local é uma evidência do adensamento da cadeia produtiva sucroalcooleira. Cerca de 90% das empresas mencionam que seus insumos produtivos são entre 90% e 100% totalmente nacionais. Os insumos importados são peças mais sofisticadas que não são fabricadas no país ou então que podem ser adquiridas a um custo menor no exterior. As fabricantes de equipamentos utilizam insumos nacionais, os quais são transformados em equipamentos, que são utilizados em usinas e instalações produtivas no Brasil. As exportações são uma tendência crescente nas empresas do setor, principalmente para superar a instabilidade da demanda do mercado doméstico, mas as empresas que exportam mais atingem um percentual de cerca de 30% das suas vendas. As exportações têm como principal destino os países da América do Sul e EUA, com algumas encomendas pontuais em outros continentes. Na maioria das vezes, vende-se o projeto do equipamento e a fabricação é executada por um fabricante local de acordo com as especificações definidas no projeto em função das dificuldades de logística para transporte desses equipamentos de grande porte.

---

<sup>55</sup> Fonte: <http://www.cartacapital.com.br/carta-verde/a-arabia-verde-acorda-no-canavial> (acesso em 12/01/2011).

Além disso, a maioria das empresas da amostra inicia um processo de diversificação de suas atividades produtivas ao buscar uma maior inserção em outras atividades industriais, como papel e celulose, química, petroquímica e petróleo e gás, a fim de reduzir sua dependência do setor sucroalcooleiro e proteger-se das suas variações de mercado.

Embora os dados da PIA/IBGE apresentados anteriormente evidenciem um incremento no valor adicionado (mensurado pelo VTI) pelo setor entre 1996 e 2005 provavelmente essa tendência não irá se sustentar no período recente diante da crise que o setor enfrentou em 2008 e 2009, que resultou em uma paralisação total dos projetos, implicando uma redução do número de funcionários e dos investimentos. Além disso, com falência de várias empresas e do fluxo crescente de internacionalização do setor, surgiu uma alteração significativa na estrutura patrimonial existente anteriormente na indústria.

Um dos entraves mais citados para a competitividade do setor foi a valorização da taxa de câmbio e observa-se um movimento crescente de incremento das importações de insumos vindos da China, como peças pouco sofisticadas e material bruto, como chapas e aço. Grande parte das empresas revela que não tem enfrentado concorrência direta dos produtos chineses porque o mercado ainda não tem total confiabilidade nesses produtos, já que a qualidade dos produtos é um elemento chave na competitividade dos fornecedores. Consideramos que este seja um movimento conjuntural que deve ser ajustado conforme os movimentos da taxa de câmbio, sobre os quais as empresas exercem pouca influência. Entretanto, se a taxa de câmbio se mantiver neste patamar existe sim o risco de uma redução do conteúdo local identificado na cadeia produtiva, principalmente se considerarmos a presença de novos *players* de empresas multinacionais que tem maior facilidade de acesso aos insumos de outros países, entretanto tal movimento só poderá ser comprovado por meio da coleta de dados do VTI da cadeia produtiva nos próximos anos, uma vez que os dados atuais só permitem a análise até 2006.

A literatura especializada em LMT e inovação *non-R&D* identifica outras formas de inovação, como organizacional e de *marketing*, dentre outras (OECD, 2009), como discutido no primeiro capítulo deste trabalho. Para explorar este aspecto, as empresas foram questionadas a respeito das principais inovações, não necessariamente de caráter tecnológico, realizadas nos últimos anos.

**TABELA 4. 2. PRINCIPAIS INOVAÇÕES ADOTADAS PELOS FORNECEDORES NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS**

| Inovação       | No. Empresas | Frequência |
|----------------|--------------|------------|
| Produto        | 9            | 90         |
| Processo       | 4            | 40         |
| Marketing      | 3            | 30         |
| Organizacional | 2            | 20         |

Nota: Na resposta as empresas poderiam mencionar os 3 principais atributos competitivos.

A frequência foi calculada a partir do total de empresas (10).

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

A maioria das empresas declarou realizar inovação em produto (90%), seguida de processo e *marketing* segundo o maior grau de importância relativo. Isso não se refere a lançamento ou criação de um novo subproduto da cadeia sucroalcooleira, já que ainda prevalecem as demandas de seus principais produtos - açúcar, etanol e energia elétrica - mas sim a melhoramentos incrementais nos produtos existentes, que são considerados inovações tecnológicas. Por exemplo, o lançamento de uma nova linha de moendas com ajuste de *layout* ou uma nova série de caldeiras com *design* próprio. Essas atividades embora não estejam associadas a P&D, podem ser consideradas tecnológicas porque se caracterizam por esforços para pequenas diferenciações de produto e estão baseadas em pequenas modificações técnicas ou mesmo estéticas. Tais inovações resultam em “produtos tecnologicamente aprimorados”, que embora possam significar apenas uma nova linha de produtos podem ter grandes efeitos na empresa, desde que realmente afetem o desempenho ou as propriedades destes produtos, como destaca o Manual de Oslo. Segundo o Manual, as inovações tecnológicas em produtos podem ser subdivididas naquelas de produtos tecnologicamente novos e naquelas de produtos tecnologicamente aprimorados. Neste segundo grupo as inovações apontam um estreitamento da relação usuário-produtor, por isso na maioria das vezes está associada a elementos de *marketing*, gerenciamento e *design*:

*“Produto tecnologicamente aprimorado é um produto existente cujo desempenho tenha sido significativamente aprimorado ou elevado. Um produto simples pode ser aprimorado (em termos de melhor desempenho ou menor custo) através de componentes ou materiais de desempenho melhor”.*  
(Manual de Oslo, 2005: 55-56)

### **4.3.3. Atividades tecnológicas**

Para compreender as atividades tecnológicas e inovativas do setor realizadas pelas empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos e examinar seus encadeamentos com o restante da cadeia produtiva e com a totalidade de indústria brasileira, foram explorados diversos aspectos, desde os esforços para inovação, as características das atividades inovativas, as fontes de conhecimento utilizadas e o detalhamento da relação usuário-produtor – até os seus resultados, em termos de impactos da inovação e patentes.

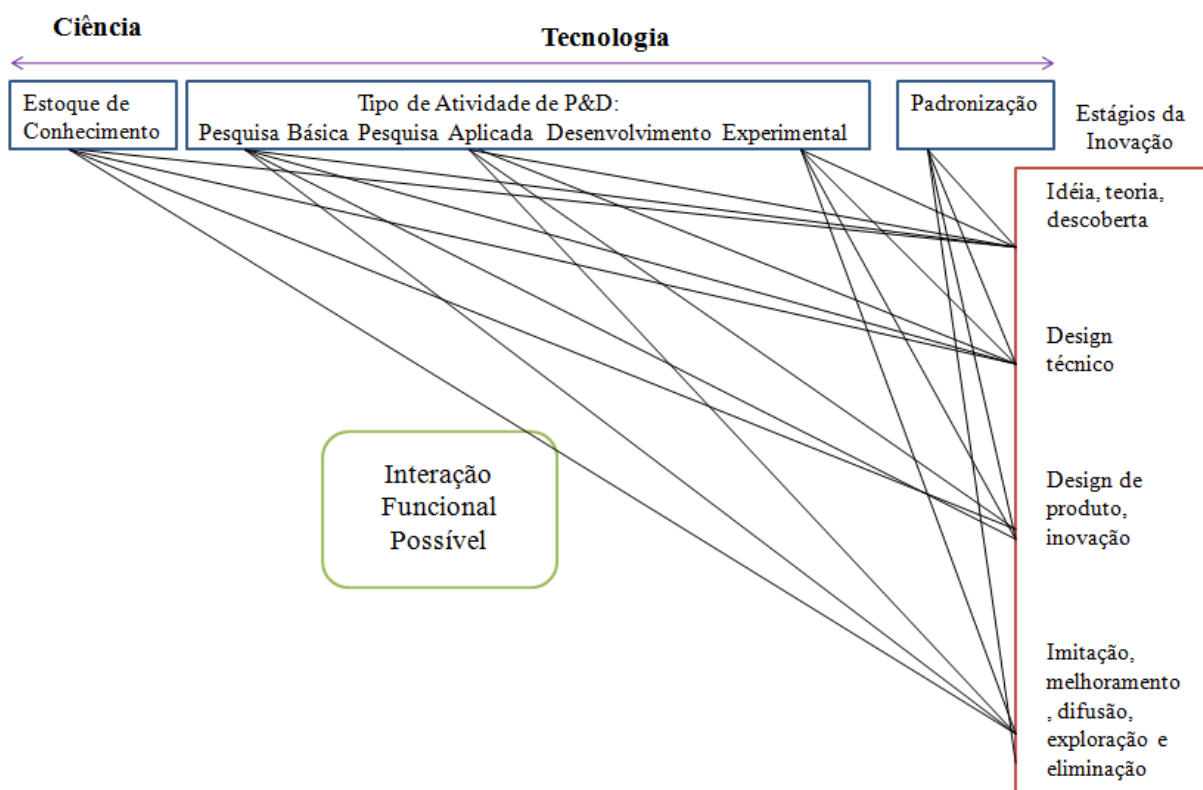
#### *4.3.3.1. Caracterização das atividades tecnológicas*

As atividades tecnológicas do setor sucroalcooleiro geralmente se caracterizam por inovações tecnológicas de caráter incremental, geralmente nos processos produtivos, visando aumentar a sua eficiência em decorrência do seu foco na pesquisa aplicada, o que se repete nas atividades tecnológicas realizadas pelos fornecedores de máquinas e equipamentos. Poucos são os casos em que há esforços em pesquisa básica, decorrente disso a interação usuário-produtor torna-se crítica. Entretanto, vale ressaltar que o foco na aplicação imediata da inovação tecnológica não elimina a sua associação com a pesquisa básica, como foi amplamente discutido no clássico livro *O Quadrante de Pasteur* de Donald Stokes (versão traduzida, 2005). O autor desenvolve o modelo com seu “Quadrante de Pasteur”, no qual relaciona os objetivos da pesquisa (básica ou aplicada) com o avanço do conhecimento científico. Na sua proposta o desenvolvimento científico não é um processo linear, se consolidando cada vez mais como um fenômeno complexo e variável, no qual o avanço científico fomenta o desenvolvimento de inovações tecnológicas, mas também as aplicações práticas fornecem pistas para que novos rumos da ciência possa seguir, de forma complementar e interdependente. Em outras palavras, o autor demonstra a fragilidade e as limitações dessa dicotomia entre pesquisa básica e pesquisa aplicada considerando as experiências reais de reconhecidos, ou seja, a natureza das pesquisas não se restringe a um eixo cartesiano, mas sim a um modelo composto por diferentes quadrantes.

Nesta mesma perspectiva Grupp (2008) discute os estágios de desenvolvimento de tecnologias e as origens de recursos para uma inovação bem sucedida, incluindo a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental a partir dos resultados de um *survey*, como ilustra a figura a seguir. Dessa forma, o estoque de conhecimento pode gerar inovações sem P&D, assim como a pesquisa aplicada, o desenvolvimento experimental ou a padronização. Isso significa que a inovação pode originar-se tanto do avanço da ciência como da tecnologia. As interações entre as

atividades de P&D e o processo de inovação devem ser vistos em uma trajetória multifuncional, no sentido amplo do termo, ou seja, a inovação como um fenômeno econômico e social organizado para contribuir em uma demanda específica mesmo que seja somente a partir do conhecimento existente o que não implicaria no avanço da ciência por meio da pesquisa básica.

**FIGURA 4. 2. VISÃO GLOBAL DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS**



Fonte: Grupp, 2008: 86.

A partir dessa discussão consideramos que o foco na aplicação imediata/pesquisa aplicada seja uma característica intrínseca das atividades tecnológicas do setor possivelmente associada ao grau de maturidade das tecnologias, nas quais os desafios para a sustentação da competitividade sustentam este foco na aplicação imediata. Isso significa que a maturidade das tecnologias das atividades industrial da produção sucroalcooleira (1ª. geração) é a principal determinante deste

foco na aplicação prática e imediata das atividades tecnológicas, nas quais os engenheiros aprendem efetivamente com a experiência de suas atividades rotineiras:

*“For technologies that are well established, an important part of the body of understanding supporting practice generally is grounded in the empirical experience of practitioners regarding what works and what does not, things that sometimes go wrong, reliable problem solving methods...all modern technologies are supported by a strong body of science or science-like understanding that illuminates how the artifacts and techniques employed work, provides insight into the factors that constrain performance and provides clues as to promising pathways toward improvement. But at the same time, much of practice in most fields remains only partially understood, and much of engineering design practice involves solutions to problems that professional engineers have learned “work”, without any particularly sophisticated understanding of why” (Nelson, 2004: 458).*

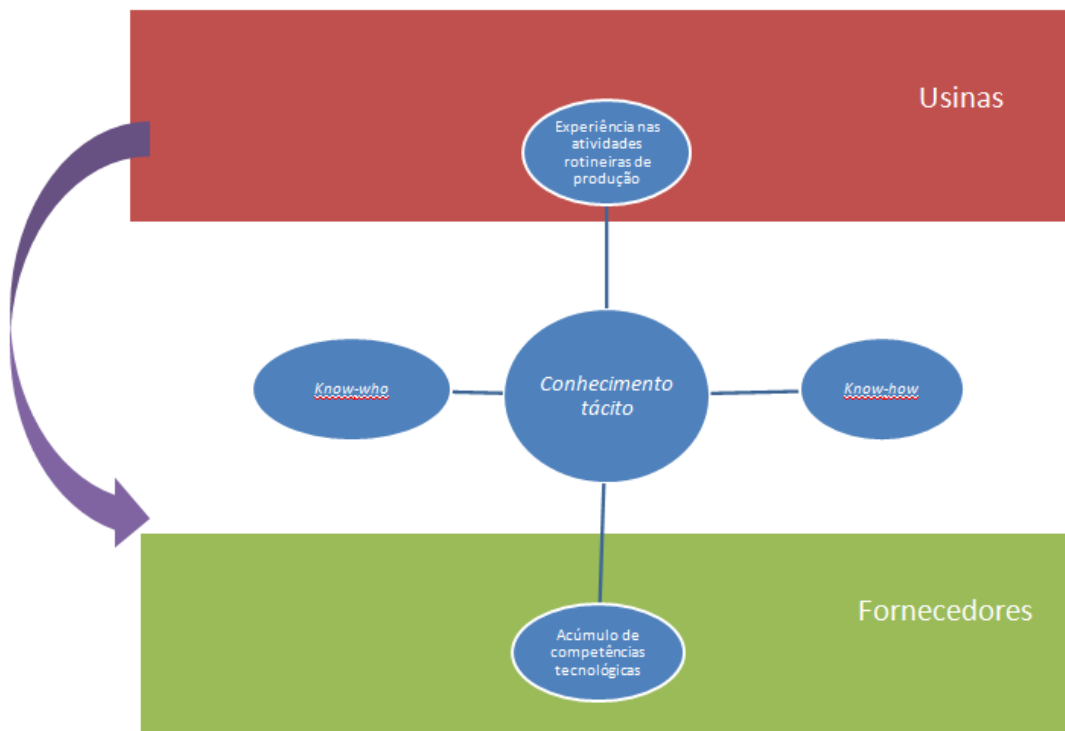
No segmento de automação, as empresas são mais inovadoras e dedicam mais esforços em pesquisa básica e P&D, demonstrando um gasto acima da média nessas atividades (acima de 10% do faturamento, acima da média da maioria das atividades econômicas) e dispendo de equipes dedicadas exclusivamente a essas atividades. Há ainda empresas de menor porte, nas quais surgem ideias inovadoras que propiciam uma inserção em nichos específicos do mercado e que geraram patentes. Neste segmento, por ser intimamente relacionado às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), existe um maior esforço em atividades de pesquisa aplicada diferente dos demais fornecedores do setor sucroalcooleiro, cujo foco é no desenvolvimento.

Existem também empresas de pequeno porte que atuam em determinados segmentos que não exigem tanto esforço tecnológico em pesquisa, mas sim atividades que promovam uma maior confiabilidade e qualidade dos seus produtos e respeito aos prazos de entrega, como na área de fundição, produção de correntes e reforma de equipamentos. Neste segmento o processo produtivo permanece o mesmo há décadas e baseia-se em processos artesanais em que o conhecimento tácito, adquirido através de processos *learning-by-doing* e *learning-by-interacting* torna-se fundamental e reitera a importância dos recursos humanos.

Isso sugere que as atividades de inovação por meio do fluxo *Doing, Using e Interacting* são as predominantes do setor sucroalcooleiro, uma vez que a inovação origina-se geralmente de processos informais baseados na experiência dos agentes. Nesta concepção, a inovação é gerada a partir de conhecimentos e processos de aprendizados associados a mecanismos “*know-how*” e “*know-who*”, em que o conhecimento tácito é localizado, embutido nas pessoas, geralmente por

meio de formação educacional e treinamento é elemento chave. Como esse fluxo é diferente do *Science, Technology and Innovation*, fundamentado em inovações que se originam da produção de conhecimento científico e tecnológico, os autores argumentam que a geração de conhecimento no fluxo DIU pode ser identificada por indicadores alternativos, como presença de equipes multidisciplinares ou autônomas e o grau de cooperação com seus clientes ou usuários (Jensen *et al*, 2007).

**FIGURA 4. 3. FLUXO DOING – USING - INTERACTING ENTRE FORNECEDORES E USUÁRIOS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**



Fonte: Elaboração da autora.

Diante da constatação de que a maioria das empresas não possui atividade de P&D propriamente dita, buscou-se identificar outras fontes de conhecimento e interação em que seja possível se identificar esforços e/ou criação de competências tecnológicas. Por isso, procurou-se mapear os principais agentes que interagem com essas empresas fornecedoras e colaboram com a geração de conhecimentos críticos para as inovações e melhoramentos em seus processos produtivos, como ilustra a tabela a seguir.



**TABELA 4.3. PRINCIPAIS AGENTES ENVOLVIDOS NA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS**

| Agente Crítico          | No. Empresas | Frequência |
|-------------------------|--------------|------------|
| Usuário (cliente/usina) | 8            | 89         |
| Consultorias            | 5            | 56         |
| Fornecedores            | 4            | 44         |
| Institutos de Pesquisa  | 2            | 22         |
| Universidades           | 2            | 22         |
| Concorrentes            | 1            | 11         |

Nota: Na resposta as empresas poderiam mencionar os 3 principais agentes críticos. A frequência foi calculada a partir do total de empresas que responderam (9).

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

Ao contrário do que ocorre nas atividades agrícolas do setor sucroalcooleiro, em que as interações com as universidades e instituições de pesquisa são importante fonte de conhecimento para os esforços em atividades tecnológicos, na área industrial estas interações são extremamente fracas e este conhecimento crítico tem como principal origem os usuários das máquinas e dos equipamentos (as usinas). Por meio da relação usuário-fornecedor é que são desenvolvidas as atividades tecnológicas para os melhoramentos produtivos, que tem como consequência, os incrementos na produtividade industrial. Neste contexto, os canais de comunicação “informais” e o conhecimento tácito proveniente das atividades do dia-a-dia entre os técnicos e engenheiros especializados tornam-se importantes fontes de conhecimento e aprendizado tecnológico. O aprendizado rotineiro, proveniente das experiências de tentativa e erro, caracterizado pelos processos de *learning-by-doing* e *learning-by-using*, característico das atividades de ajuste, instalação e manutenção das máquinas e equipamentos é a fonte deste conhecimento crítico, de caráter essencialmente tácito, conforme as declarações das empresas sobre o grau de importância do conhecimento prático acumulado nas atividades do seu dia-a-dia:

*“Total, 100%, conhecimento informal e nas atividades rotineiras”.*

*“Sim, é a fonte mais importante para os melhoramentos nos processos produtivos e desenvolvimento de novos produtos”.*

*“Nossa equipe de engenharia é responsável por grande parte das inovações e qualidade do nosso produto. Essa equipe de engenharia é composta por cerca de 10 profissionais das diversas engenharias, que realizam melhoramentos nos processos produtivos. O conhecimento para melhoramento de suas atividades geralmente é feito na pós-venda com um olhar crítico sobre o*

*equipamento já em funcionamento, sendo que 80% são dessa prática e uns 20% de sugestões do próprio engenheiro da usina”.*

*“As inovações produtivas surgem a partir da experiência acumulada no dia-a-dia”.*

*“Importância total, origem dos melhoramentos produtivos e inovações”.*

(Entrevistados, pesquisa de campo, 2010/2011).

A troca de conhecimento com recursos externos é característica crucial das atividades inovativas em indústrias LMT e cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, já que “muitas atividades que resultam em inovação não são baseadas em P&D” e o foco é na transformação do estoque de conhecimento existente em algo com uso econômico propriamente dito (Santamaria *et al*, 2009).

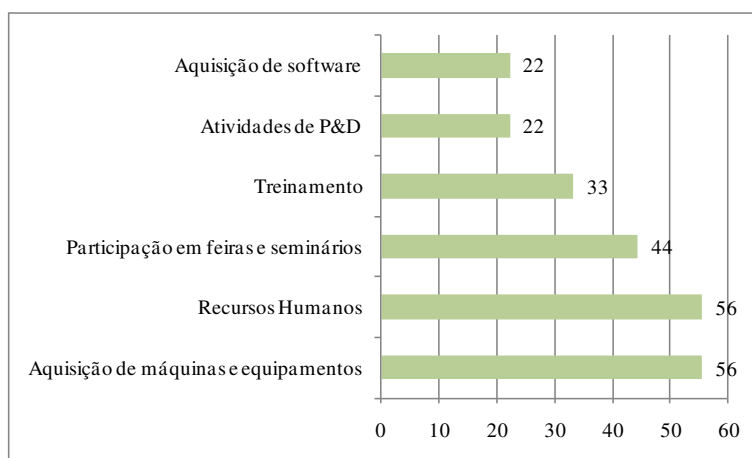
Além disso, apenas 3 empresas mencionaram possuir qualquer tipo de acordo de cooperação tecnológica com instituições de pesquisa (2) ou empresas concorrentes (apenas 1). Isso ocorre em áreas em que a empresa considera estratégica, mas existe um atraso tecnológico (*gap*) na sua estrutura interna, então se firmam essas parcerias em segmentos específicos para desenvolvimento ou fabricação local de determinado produto ou processo.

As empresas de consultoria, sem qualquer relacionamento com ICTs, passam a ocupar um papel importante na geração de conhecimento no setor, uma vez que a profissionalização nas atividades industriais é uma tendência crescente e as mesmas se tornam uma fonte de consulta, apoio e aprendizado para as atividades tecnológicas das empresas, principalmente as especializadas em determinados segmentos, como de destilarias e caldeiras. Essa contribuição “indireta” das consultorias nas atividades tecnológicas do setor também se justifica pelo maior reconhecimento da importância da elaboração do projeto industrial, que exige um maior nível técnico e qualificação das equipes de engenharia. É por meio dos projetos industriais que são definidos os parâmetros e direcionados os produtos adequados ao cliente, ou então se desenvolvem as customizações necessárias para o desenvolvimento de novas linhas de produtos. As grandes fornecedoras geralmente integram suas atividades, desde projeto até instalação internamente. Já os fabricantes especializados em determinados segmentos tendem a apresentar o problema, as condições existentes e os resultados esperados pela usina, sendo que as consultorias propõem soluções e recebem pelas informações prestadas segundo critérios técnicos rigorosos, geralmente fundamentados em padrões internacionais, como declara um entrevistado:

*“As consultorias especializadas são importantes porque vendem a definição e fazem desenvolvimento externo dentro das especificações das normas internacionais, por exemplo, reduzir em um milímetro a espessura da folha de aço”* (Entrevistados, pesquisa de campo, 2010/2011).

Os processos de engenharia reversa e *learning-by-imitation* são importante fonte de conhecimento para as atividades tecnológicas do setor já que a assistência técnica a produtos dos concorrentes é frequente e o vazamento de informações entre empresas é constante. Em função disso, o processo de difusão das inovações tecnológicas é rápido, já que permite que uma inovação de caráter incremental se torne algo de domínio público rapidamente.

**FIGURA 4. 4. PRINCIPAIS INVESTIMENTOS REALIZADOS EM ATIVIDADES TECNOLÓGICAS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS, EM %**



Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

Os principais investimentos das atividades tecnológicas nas fornecedoras de máquinas foram para a aquisição de máquinas e equipamentos e contratação de recursos humanos, em cerca de 60% das empresas. Em seguida, a participação em feiras e *workshops* também é apontada como um investimento em atividades tecnológicas, em mais de 40% delas. Isso reforça a importância dos recursos humanos na geração de conhecimento tácito e know-how, além da realização de atividades, que não sejam somente P&D, para a promoção de inovação. Vale destacar que recursos humanos são reconhecidos como importante fonte de informações e conhecimento para a inovação, mas com um perfil bastante especializado, com foco em atividades industriais, geralmente engenheiros mecânicos, o que se justifica pelo fato de que grande parte do conhecimento necessário para as inovações origina-se das atividades rotineiras, do *know-how*

adquirido no dia a dia do atendimento às usinas. Por último, a minoria das empresas também considera que as despesas com aquisição de *software* e atividades de P&D são investimentos em atividades tecnológicas do setor.

As inovações tecnológicas mencionadas pelas empresas são realizadas somente no âmbito do mercado nacional, ou seja, são tecnologias maduras que já são amplamente adotadas no exterior. Além disso, muitas vezes a aplicação no setor sucroalcooleiro é uma novidade, embora já tenha sido utilizada em outras atividades econômicas, como nas indústrias de papel e celulose, petroquímica e automotiva. Em poucos casos foram identificadas tecnologias realmente novas, que resultaram em patentes ou em vantagem competitiva por um longo período nas empresas analisadas. Segundo as definições do Manual de Oslo (2005), isso caracterizaria uma inovação tecnológica de produto ou de processo (TPP) no nível da empresa, uma vez que a novidade é restrita à unidade de análise, porque já havia sido implantada em outros setores ou empresas, como ocorre na inovação TPP em nível mundial. Entre esses dois níveis surgem variações em função do grau de difusão desses produtos aprimorados, que pode ser considerada por mercado ou por área geográfica.

#### *4.3.3.2. Esforços em atividades tecnológicas*

A maioria das empresas declara que não realiza atividade de P&D propriamente dita e a maioria delas não realiza interação com instituições de pesquisa ou universidades porque não existe demanda para isso no setor. Somente uma empresa do setor de automação declara oficialmente possuir departamento de pesquisa e desenvolvimento e outra de grande porte possui equipe de P&D flexível e alocada por projeto. Para cumprir essa função o desenvolvimento tecnológico é realizado por equipes de engenharia, geralmente externas e segue as definições dos consultores externos contratados pelas usinas. Em alguns casos, a empresa, geralmente de grande porte e com atuação em vários segmentos do fornecimento, possui equipe de engenharia própria, mas com uma equipe pequena, cujo foco é o desenvolvimento de novos produtos e a assistência técnica permanente ao usuário. Isso se justificaria pelas características da competitividade e da concorrência neste setor, como se torna evidente nas declarações dos entrevistados:

*“Não temos área de P&D, trabalhamos como times para ‘otimização’ que envolve a área comercial e a equipe de processos, engenheiros de processo, numa equipe reduzida de 3-4 pessoas”.*

*“Temos uma equipe de engenheiros altamente qualificados dentro da empresa, sendo que nossas principais ideias, soluções e melhorias partem desta equipe”.*

*“P&D não é importante porque o mercado não requer inovação tecnológica, novidade, o fator determinante é preço e em seguida qualidade”.*

*“Não, não faz P&D. somente desenvolvimento em cima de projetos a partir das especificações técnicas dos equipamentos solicitados pelos usineiros”.*

*“Não tem, se um dia houver necessidade pretendem fazer um convênio específico para isso”.*

(Entrevistados, pesquisa de campo, 2010/2011).

Isso reforça o padrão *non-R&D* (peculiar das indústrias LMT, como discutido no primeiro capítulo deste trabalho) das atividades tecnológicas da cadeia sucroalcooleira, já que inovações geralmente são resultantes de outras ações, as quais não têm uma relação direta com a P&D, como as inovações organizacionais ou gerenciais. Dentre elas podemos destacar os novos conceitos ou tecnologias nas atividades produtivas, as capacidades de projeto e de engenharia e o uso de consultores (Manual de Oslo, 2005: 42).

Observa-se também que atividades tecnológicas são realizadas pelas equipes especializadas em engenharia acompanhada da prospecção tecnológica de outras áreas das empresas, como área comercial e de assistência técnica ou ainda a gerência responsável (Tecnologia ou Engenharia Industrial). As áreas comercial e de assistência técnica cumprem um papel interessante nas atividades tecnológicas, pois são responsáveis pela identificação de falhas ou possibilidades de melhorias em seus produtos, sendo que essas informações são discutidas com os departamentos de “engenharia de produtos” e/ou “engenharia de desenvolvimento” (dependendo da estrutura organizacional e do porte da empresa), os quais definem as melhorias incrementais possíveis ou apresentam possibilidades de inovações radicais. Também é necessária uma análise de viabilidade técnica e comercial antes do início do projeto. Em seguida, o desenvolvimento do projeto ocorre diretamente com a interação entre as equipes de engenharia do usuário (usinas) e dos fornecedores.

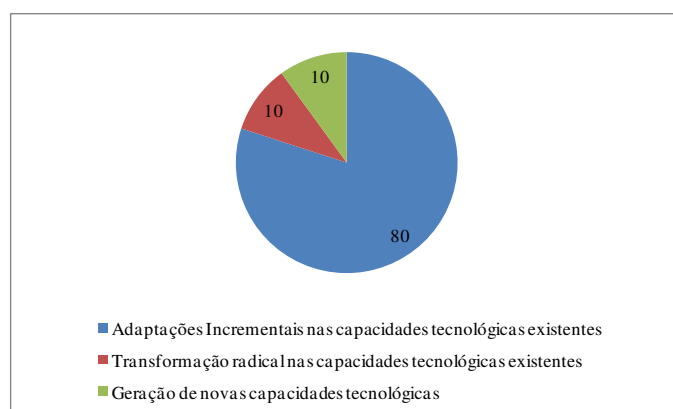
#### **4.3.3.3. Resultados das atividades tecnológicas**

Como vimos na análise agregada anterior, o setor sucroalcooleiro não tem tradição e a cultura desenvolvida para a geração de patentes. Um reduzido número de empresas, em segmentos

específicos, possui patentes registradas em órgãos de proteção intelectual, como Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Nas empresas entrevistadas, apenas 4 delas tinham alguma patente registrada nesses órgãos. Além disso, na maioria das vezes, as atividades produtivas e de engenharia realizadas nas empresas fabricantes de máquinas e equipamentos possuem “tecnologias de domínio público”, ou seja, aquelas de fácil reprodução ou imitação simples, seja por procedimentos de engenharia reversa ou pelo conhecimento acumulado nessas atividades, como o conhecimento tácito de ex-funcionários que se tornam empreendedores individuais depois da saída de grandes empresas. Esse número reduzido de patentes se justifica pelo escopo da inovação no setor, em que a maioria se concentra em produtos aprimorados e novos somente no mercado local.

Outra forma de compreender os resultados dos esforços em atividades tecnológicas é identificar o objetivo principal das empresas na realização das mesmas. Praticamente todas as empresas consideram que o esforço em atividades tecnológicas tem como foco propiciar adaptações incrementais nas capacidades tecnológicas (como ilustra o gráfico abaixo), já que, como discutido acima, as inovações tecnológicas são geralmente incrementais e resultam em produtos aprimorados para o setor. Além disso, a busca pelas adaptações incrementais associada ao foco da pesquisa aplicada das inovações tecnológicas é decorrente das atividades de aprendizado tecnológico dos fornecedores, que remetem aos processos de *learning-by-doing* e *learning-by-using* na interação com os usuários das máquinas e equipamentos.

**FIGURA 4. 5. PRINCIPAIS OBJETIVOS DAS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS, EM %, SEGUNDO O NÚMERO DE EMPRESAS**

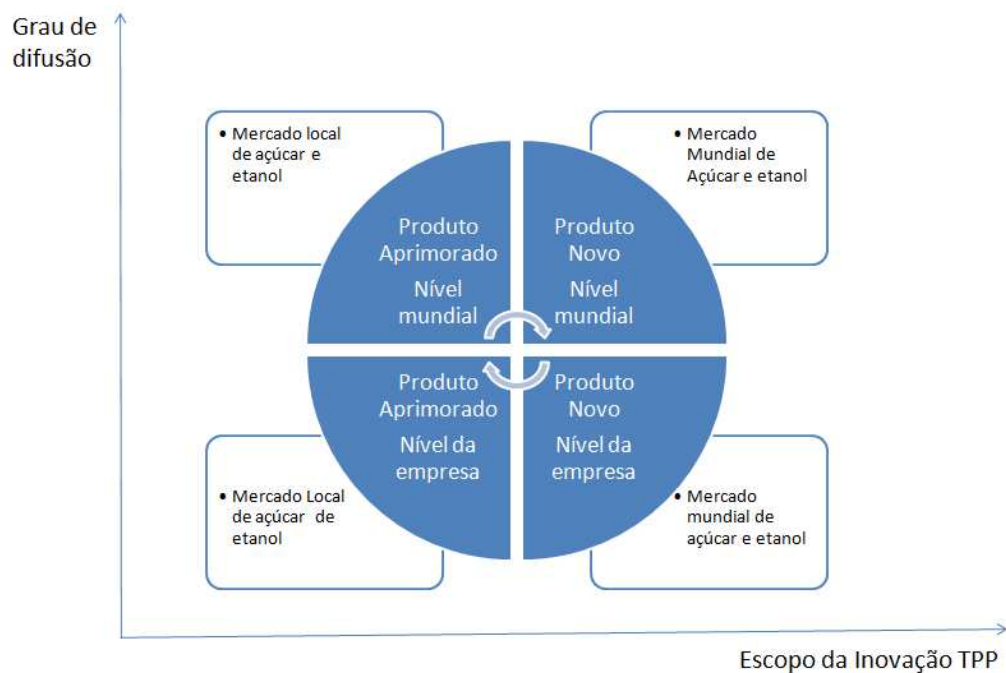


Nota: Na resposta as empresas deveriam mencionar o objetivo principal.

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados coletados na pesquisa de campo.

Um exame do poder de difusão das inovações da cadeia produtiva associada ao seu escopo é retratado na próxima figura. No eixo horizontal apresentamos o escopo da inovação, que pode ser de um produto totalmente novo ou um produto tecnologicamente aprimorado. No eixo vertical consideramos o poder de difusão da inovação, em termos de mercado (local ou mundial).

**FIGURA 4. 6. GRAU DE DIFUSÃO E ESCOPO DAS INOVAÇÕES DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA**



Fonte: Elaboração da autora.

De acordo com o escopo e o grau de difusão, as atividades tecnológicas podem variar entre baixa, média-baixa, média-alta e alta nesta abordagem. Para a cadeia produtiva sucroalcooleira, como discutido acima, as inovações tecnológicas geralmente são de produtos tecnologicamente aprimorados e o grau de novidade se restringe ao nível da empresa. Além disso, o mercado do setor sucroalcooleiro ainda se restringe ao mercado local, com aproximadamente 430 usinas instaladas no Brasil, por isso o poder de difusão desses produtos tecnologicamente aprimorados pode ser considerado como extremamente baixo (1º. Quadrante inferior), uma vez que grande parte das tecnologias inovadoras dos fornecedores do setor já é utilizada no exterior. Desta forma podemos concluir que, de acordo com o grau de difusão e o escopo das inovações do setor

sucroalcooleiro, as atividades tecnológicas são consideradas de baixa complexidade porque se concentram no 1º. Quadrante inferior da figura.

#### **4.3.4. Relação usuário-produtor**

A relação entre o usuário (usina) e o produtor (fabricante de máquinas e equipamentos) é baseada na confiança e tradição das empresas construída ao longo de décadas de atuação na cadeia produtiva, em que a qualidade e cumprimento de prazos se tornam fundamentais. O usuário tem um comportamento “passivo e indireto” com relação às atividades tecnológicas, ou seja, ele demanda determinado desempenho do equipamento para máxima eficiência produtiva, mas não se torna um agente que participa ativamente do projeto e do aprendizado tecnológico dos fabricantes para alcançar suas expectativas. Os fabricantes coletam dados de desempenho dos seus equipamentos e focam na otimização dos processos e melhorias de determinados componentes para atingir o resultado esperado pelo usuário. De todos os entrevistados, somente uma empresa mencionou que uma usina teve participação direta nos melhoramentos produtivos em determinado equipamento após a finalização da compra.

Ao contrário de outras indústrias, em que o equipamento ou componente pode ser “testado” pelo usuário antes da sua aquisição, no setor sucroalcooleiro a compra é definida por meio de indicadores de desempenho e eficiência e a relação usuário/produtor se restringe à duração contratual do projeto. A preocupação em manter “laços de fidelidade” com os usuários é fundamentada em aspectos como a qualidade e a confiabilidade dos produtos e não existem mecanismos para envolvê-los ativamente em atividades tecnológicas. Isso se justifica pelo elevado custo dos equipamentos e máquinas do setor, não existe viabilidade técnica e econômica em realizar um investimento de vários milhões com o objetivo de colaborar com o fornecedor para incrementar o desempenho da máquina, as empresas não possuem recursos financeiros disponíveis para isso e as atividades destinadas à inovação não são reconhecidamente importantes para os usineiros. Desta forma, consideramos que a interação usuário-produtor, importante fonte de acumulação de competências tecnológicas em atividades LMT, ainda é um mecanismo em formação na cadeia produtiva sucroalcooleira, como será discutido na próxima seção.



#### **4.4. Uma análise das capacidades produtivas e tecnológicas dos fornecedores**

Diante dos dados coletados na pesquisa de campo, faremos um diagnóstico que reflita a realidade do setor, sendo capaz de identificar seus pontos fortes e fragilidades. Independentemente das variações intra-setoriais, é possível construir um panorama sobre as capacidades produtivas e tecnológicas dos fornecedores que permita também uma caracterização do setor sucroalcooleiro.

Um primeiro elemento crítico refere-se ao fato de que a dinâmica concorrencial do setor ainda permanece fundamentada no fator preço, sendo que a customização de produtos não é apontada como o principal atributo competitivo das empresas, o que é um fator preocupante para uma indústria baseada em recursos naturais que tem como desafio “se reinventar” para superar seus entraves estruturais. Este foi um elemento chave identificado nas experiências internacionais analisadas, já que cada uma delas, “se reinventou” a partir de uma diferente trajetória para não permanecer restrita e limitada na competição por preços. No caso da Noruega, houve uma série de iniciativas e esforços para que houvesse a integração da cadeia e a capacitação dos fornecedores, para que eles se tornassem líderes mundiais no setor de PGN. Na Finlândia, os agentes buscaram uma diversificação em novos elos da cadeia com a geração e o envolvimento em novas atividades econômicas, para promover uma transformação no setor e influenciar também a estrutura industrial. Já na Austrália, os produtores, os fornecedores e os distribuidores de vinhos migraram para as categorias de maior valor agregado para buscar sua inserção na indústria global e desenvolveram capacidades específicas em determinados nichos de mercado. Isso significa que, por meio de diferentes trajetórias, todas as experiências internacionais bem sucedidas buscaram se diferenciar e desenvolver atributos competitivos únicos, para não permanecerem restritos à competição determinada por preços, o que gera uma vulnerabilidade estrutural, um entrave para o desenvolvimento das cadeias baseadas em recursos naturais. Desta forma, se os produtores locais, usineiros e demais agentes envolvidos no setor permanecerem vislumbrando iniciativas de menor escopo, em uma visão de curto prazo, sem concentrar esforços na construção de atributos e competências exclusivas, o desenvolvimento industrial da cadeia não estará suficientemente solidificado para superar as limitações características das indústrias baseadas em recursos naturais. Isso também está associado ao *inward looking* dos produtores locais da cadeia sucroalcooleira no Brasil, os quais permanecem restritos ao atendimento do mercado doméstico, diferentemente das experiências internacionais examinadas. Estes países,

inclusive pelas restrições da demanda local, sempre tiveram o olhar em um horizonte maior, ao ter como ambição um escopo mais amplo para suprir as demandas da indústria global.

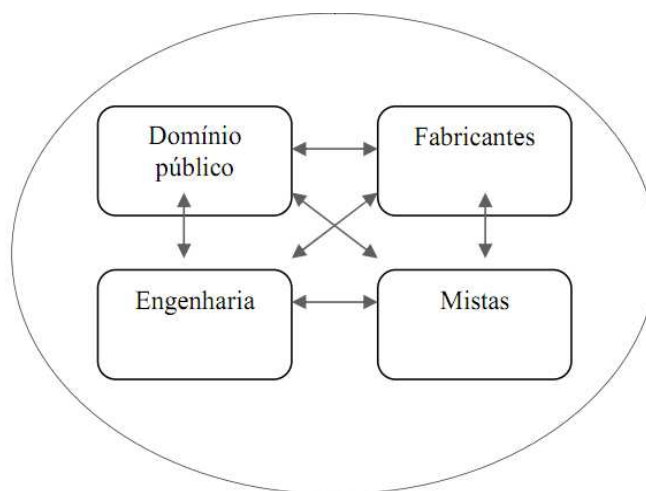
Um segundo aspecto preocupante do setor sucroalcooleiro no Brasil diz respeito aos indícios de uma redução no conteúdo nacional dos insumos utilizados nas atividades da cadeia. Em todas as experiências internacionais avaliadas, este foi o elemento inicial e que liderou o processo de integração da cadeia para suas diferentes trajetórias, ou seja, é um pré-requisito para o desenvolvimento da indústria localmente. No Brasil o conteúdo local e o valor agregado ainda são elevados mas os fabricantes demonstraram uma tendência recente de substituição dos insumos nacionais por importados – principalmente chineses – diante da valorização da moeda local. Isso reforça o olhar de curto prazo dos agentes do setor e por isso seriam necessárias políticas para impedir o avanço desse processo e garantir o nível alcançado graças aos esforços produtivos e tecnológicos realizados nas últimas décadas para superar esta condição cambial conjuntural.

Um último elemento diz respeito às atividades tecnológicas do setor. As inovações são geralmente de processo, realizadas a partir de inovações incrementais, fundamentadas na pesquisa aplicada e no conhecimento tácito e nos processos informais de geração de conhecimento. Tais características são típicas de uma indústria baseada em recursos naturais, o problema existente é a ausência de uma trajetória de longo prazo para o desenvolvimento do setor, seja pela integração da cadeia, diversificação em novos elos produtivos ou novos produtos com maior valor agregado. O setor permanece restrito à implementação de inovações incrementais nos produtos tradicionais já existentes – açúcar, etanol e energia elétrica – e nas capacidades tecnológicas já acumuladas, sem buscar uma trajetória de diferenciação nos mercados mundiais no longo prazo. Os produtos existentes caracterizam-se por produtos aprimorados tecnologicamente mas somente no nível da empresa, o que restringe seu grau de alcance de difusão em novos mercados. Além disso, grande parte da tecnologia do setor é de domínio público, o que reforça a tendência à concorrência fundamentada nos preços e não em outros atributos competitivos. Para romper com essa tendência, seria necessário empreender esforços para desenvolvimento produtos que fossem aprimorados, mas no nível mundial ou mesmo criar efetivamente novos, sendo que essas iniciativas foram as realizadas pelas experiências internacionais de sucesso. Isso poderia ser alcançado por meio do desenvolvimento da indústria alcoolquímica, dos segmentos de plásticos biodegradáveis ou mesmo de novos

produtos a partir daqueles já existentes. Considerando essas fragilidades identificadas na cadeia produtiva sucroalcooleira, será construída uma tipologia dos fabricantes a fim de subsidiar a elaboração de sugestões de políticas industriais para superação desses gargalos.

A partir das características produtivas e tecnológicas dos fabricantes de equipamentos identificadas em dados de empregos do setor (RAIS, 1996-2006), Liboni e Toneto Jr. (2008) propõem uma tipologia das empresas, as quais estão agrupadas em quatro segmentos distintos e relacionados, como ilustram a figura e o quadro apresentados a seguir. Na tipologia dos fornecedores de máquinas e ferramentas, os mesmos são classificados em fabricantes, mistos, empresas de engenharia ou empresas de domínio público. No primeiro grupo, das empresas com produtos de “domínio público”, estão as de “baixa tecnologia”, que não desenvolvem pesquisa e adquirem *know-how* externamente. No segundo grupo, as empresas “fabricantes”, possuem fabricação própria de equipamentos de maior “tecnologia agregada”, mas suas atividades de engenharia ainda não são integradas, por isso seguem os projetos de empresas externas de engenharia na implantação de uma usina. As “empresas de engenharia” realizam as atividades de P&D e vendem seus projetos. As “mistas” possuem centro interno de P&D e fabricam equipamentos de “maior tecnologia agregada”, com projeto próprio e tendem a se especializar na produção em segmentos específicos, como automação industrial.

**FIGURA 4. 7. TIPOLOGIA DOS FORNECEDORES DE EQUIPAMENTOS SEGUNDO DADOS DE EMPREGO**



Fonte: Liboni e Toneto Jr., 2008: 10.

**QUADRO 4. 2. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS SEGUNDO A MODALIDADE DO FORNECEDOR DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA**

| Característica do fornecedor | Produtos                                                                                                                           |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Domínio Público              | Tanques, bombas, esteiras, tubulações, motores, válvulas, correntes, pontes volantes, guinchos, filtros, panelax de vácuo e dornas |
| Mista                        | Atuadores (automação), controladores (automação), sensores (automação), redutores, turbinas, sopradores de fuligem e centrífugas   |
| Mista e Fabricantes          | Colunas de destilação, caldeiras e geradores                                                                                       |
| Fabricantes                  | Moendas, mesas de alimentação, picadores, desfibradores, peneiras, decantadores, evaporadores e difusores                          |

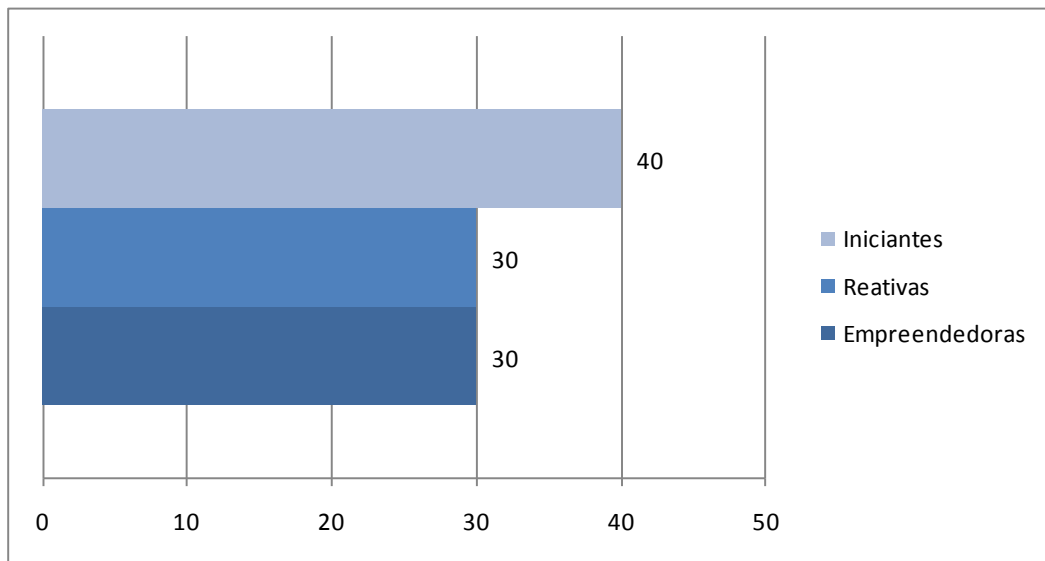
Fonte: Elaboração da autora a partir de Liboni e Toneto Jr., 2008: 11.

A partir dos dados coletados sobre as atividades tecnológicas dos fabricantes de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro foi elaborada uma tipologia sobre tais atividades, a fim de compará-la com as impressões obtidas a partir dos dados de emprego feitos por Liboni e Toneto Jr. (2008), como sintetiza o quadro e o gráfico apresentados abaixo. Vale mencionar que esta análise esta fortemente associada ao diagnóstico realizado sobre grau de difusão e escopo das inovações na cadeia, já que os fornecedores, por meio da interação usuário-produtor tem grande capacidade de determinação neste escopo das inovações do setor e seus efeitos em outras atividades econômicas.

Nesta tipologia das atividades tecnológicas dos fabricantes é possível identificar 3 grupos de empresas, de acordo com sua estratégia de atuação e comportamento no setor: as empreendedoras, as reativas e as iniciantes. No primeiro grupo estão as “**firmas empreendedoras**” em termos de avanço tecnológico para o setor, ousadas e que assumem grandes riscos, com atividades tecnológicas estruturadas e formalizadas, um time maior de colaboradores e investimentos em pesquisa aplicada e desenvolvimento, demonstrando seu caráter permanente para a transformação radical e geração de novas capacidades tecnológicas. No segundo grupo estão as “**empresas reativas**”, as quais reconhecem a importância das atividades tecnológicas, mas cujo esforço ainda é esporádico e não estão dispostas a enfrentar riscos elevados. Nesse caso o número de colaboradores dedicados é menor e as empresas pretendem realizar adaptações tecnológicas nas capacidades tecnológicas existentes, embora ainda sejam bastante dependentes dos serviços de empresas de engenharia e consultoria externas. No terceiro grupo estão as empresas “**iniciantes**”, nas quais não existe uma estrutura dedicada

exclusivamente já que o grau de profissionalização ainda é baixo e não são capazes de assumir os riscos derivados da formalização dessas atividades tecnológicas. Neste caso o conhecimento tácito assume maior importância porque depende da interação com os usuários e dos processos de *learning-by-doing* e *learning-by-using*.

**FIGURA 4. 8. DISTRIBUIÇÃO, EM %, DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA SUCROALCOOLEIRA SEGUNDO AS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS**



Fonte: Elaboração da autora.

Considerando-se a realidade atual do setor, o cenário atual mostra-se preocupante frente aos desafios e oportunidades emergentes já que apenas 30% das empresas apresentam um comportamento empreendedor em suas atividades tecnológicas. O restante delas, 70% da amostra, ainda possui um comportamento reativo ou mesmo iniciantes e não é capaz de enfrentar os riscos necessários para realizar tais atividades em um escopo maior.

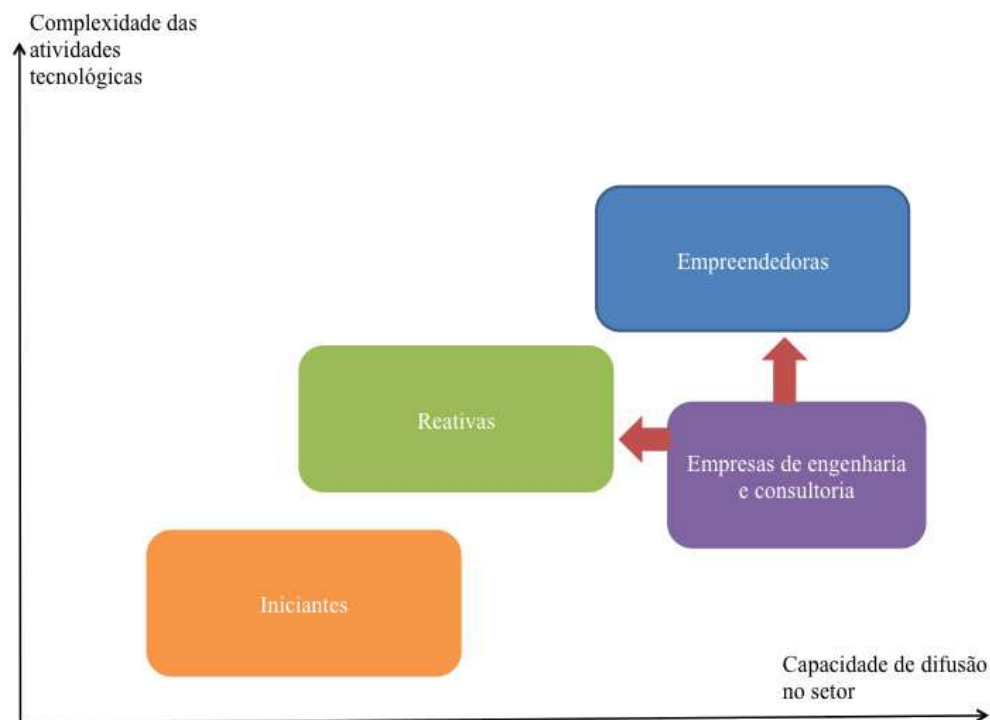
**QUADRO 4.3. CARACTERÍSTICAS DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA SEGUNDO SUAS ATIVIDADES TECNOLÓGICAS**

|                                                               | <b>Empreendedoras</b>                                                                                                  | <b>Reativas</b>                                                                                         | <b>Iniciantes</b>                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Escopo da Inovação tecnológica</b>                         | As inovações incrementais abrangem todas as áreas e/ou produtos, sendo algumas patenteadas<br>Conhecimento formalizado | Processo<br>Conhecimento formal e informal<br>Inovação em nichos específicos da cadeia                  | Processo<br>Não há mecanismo formal, 100% do conhecimento informal e está nas atividades rotineiras<br>Atuação em segmentos específicos da cadeia com ganhos fundamentados em escala |
| <b>Foco da inovação</b>                                       | Produto e processo                                                                                                     | Processo                                                                                                | Processo                                                                                                                                                                             |
| <b>Grau de novidade da inovação</b>                           | Novidade mercado mundial                                                                                               | Novidade somente para mercado local                                                                     | Novidade somente para empresa                                                                                                                                                        |
| <b>Principal investimento em inovação</b>                     | Investimento em pesquisa aplicada e desenvolvimento                                                                    | Investimento em aquisição de máquinas, treinamento e/ou aquisição de software                           | Investimento em aquisição de máquinas                                                                                                                                                |
| <b>Interação com agentes externos</b>                         | Usuários, consultorias, universidades, fornecedores e usuários                                                         | Usuários e consultorias                                                                                 | Baixa, somente com os usuários                                                                                                                                                       |
| <b>Grau de profissionalização das atividades tecnológicas</b> | Alto, equipe dedicada e gerência específica de tecnologia e/ou inovação                                                | Alto, mas possui colaborador com experiência de atuação no setor (ex-funcionário de uma grande empresa) | Baixo, processos artesanais em que o conhecimento tácito é fundamental                                                                                                               |
| <b>Equipe própria de engenharia de produtos ou P&amp;D</b>    | Sim, acima de 5 colaboradores                                                                                          | Sim, entre 1 e 5 colaboradores                                                                          | Não, cíclico                                                                                                                                                                         |
| <b>Cooperação para atividades tecnológicas</b>                | Sim, com parceiros estratégicos em áreas de <i>gap</i> tecnológico                                                     | Sim, mas com elevado grau de dependência de consultorias externas                                       | Não, desenvolvimento interno e <i>learning-by-doing</i> e <i>learning-by-using</i> com os usuários                                                                                   |
| <b>Expansão das capacidades tecnológicas</b>                  | Geração de novas capacidades tecnológicas e transformação radical nas capacidades tecnológicas existentes              | Adaptações incrementais nas capacidades existentes                                                      | Adaptações incrementais nas capacidades existentes                                                                                                                                   |
| <b>Exemplos de segmentos</b>                                  | Plantas completas, caldeiras e automação                                                                               | Moendas, turbinas e destilarias                                                                         | Fundidos em geral e correntes                                                                                                                                                        |

Fonte: Elaboração da autora.

Em termos comparativos, o gráfico a seguir apresenta os três grupos de empresas dessa tipologia em função da complexidade das atividades tecnológicas realizadas e do grau de difusão na totalidade da cadeia produtiva. Desta forma, para manter a sustentação da cadeia produtiva no longo prazo é interessante haver um número maior de empresas pioneiras, uma vez que as mesmas seriam capazes pela geração de maior parte dos transbordamentos produtivos e tecnológicos.

**FIGURA 4. 9. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA TIPOLOGIA DOS FABRICANTES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA CADEIA PRODUTIVA SUCROALCOOLEIRA**



Fonte: Elaboração da autora.

No cenário atual, grande parte das empresas do setor se caracterizam como iniciantes ou reativas em termos de atividades tecnológicas, o que reforça a necessidade políticas públicas para incrementar o número de empreendedoras, fortemente conectadas com as empresas de engenharia e consultorias, que deveriam ser líderes mundiais em seus respectivos mercados de atuação, para construir uma trajetória virtuosa de desenvolvimento da cadeia e ampliar o escopo das suas atividades tecnológicas, as quais poderiam ter um efeito muito maior em outros setores.

Embora essas tipologias sejam bastante úteis e apresentem uma caracterização geral das atividades dos fabricantes de máquinas e equipamentos do setor, é necessário avançar na discussão sobre o grau de complexidade dessas atividades e compará-la com as experiências internacionais bem sucedidas de outros países para verificar as possibilidades e entraves do Brasil nesse processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais, o que será realizado no próximo capítulo deste trabalho.

## **Capítulo V: O estágio de desenvolvimento e as perspectivas do Brasil frente aos determinantes da competitividade industrial e tecnológica em indústrias baseadas em recursos naturais**

### **Introdução**

Este capítulo irá apresentar uma análise comparativa sobre o estágio de desenvolvimento industrial e a capacitação tecnológica dos fornecedores de máquinas e equipamentos das várias cadeias produtivas baseadas em recursos naturais examinadas neste trabalho. Deve-se reconhecer que existe um certo grau de impropriedade em realizar essa análise comparativa, entre diferentes setores industriais com distintas trajetórias e maturidades de desenvolvimento, entretanto, esse exame em linhas gerais é necessário para identificar elementos convergentes entre as experiências, independente de suas peculiaridades setoriais e locais. O foco principal será identificar as fragilidades e as perspectivas do Brasil frente aos determinantes da capacitação tecnológica, que consolidaram em grande parte a competitividade desses países. Desta forma, será possível compreender o estágio de desenvolvimento do setor sucroalcooleiro no Brasil - a partir da análise realizada no último capítulo em determinados elos da cadeia produtiva - para avaliar se o país possui as condições necessárias para aproveitar-se das oportunidades emergentes no cenário mundial atual.

### **5.1. Principais determinantes da capacitação tecnológica em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais**

Este trabalho, por se tratar de um estudo de caráter essencialmente exploratório, deve reconhecer que a coleta de dados proporcionou um novo prisma de análise sobre as atividades científicas e tecnológicas do setor sucroalcooleiro ao focar nas atividades industriais (especialmente nos elos com os fornecedores de máquinas e equipamentos) da cadeia produtiva. No entanto, a evolução do trabalho impôs um olhar crítico sobre a realidade do setor no Brasil, ao tentar avaliar exatamente as perspectivas para a indústria nos próximos anos frente à competitividade atual e os desafios que surgem com suas transformações recentes.

A análise das experiências internacionais realizada no segundo capítulo se pautou na abordagem dos Sistemas Setoriais de Inovação (Malerba, 2002, 2005). Entretanto, a fim de detalhar este exame na comparação com o caso da cadeia produtiva sucroalcooleira no Brasil, foi necessário



avancar no exame da relação usuário-fornecedor, especialmente na avaliação do processo de capacitação tecnológica no nível meso do SSI. A partir disso, foram identificados 8 fatores determinantes do SSI, sendo 5 no nível macro setorial e 3 do nível meso setorial, decorrentes da interação usuário-fornecedor. Vale mencionar que são agrupados “no nível macro” aqueles determinantes com abrangência além do escopo da interação usuário-fornecedor, ao passo que no “nível meso” o foco é exatamente esta interação. Estes elementos foram considerados os principais mecanismos de aprendizado contínuo, aqueles capazes de propiciar a capacitação tecnológica dos fornecedores em indústrias baseadas em recursos naturais, como ilustra a figura abaixo. Na discussão detalhada da análise, foi identificada a importância relativa de cada um desses fatores para caracterizar a capacitação tecnológica dos fornecedores e a competitividade setorial. Por meio desta avaliação foi possível identificar o estágio de desenvolvimento industrial e tecnológico de cada uma das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais dos países examinados neste trabalho, assim como discutir se, e em quais aspectos, o Brasil ainda necessitaria avançar no acúmulo de competências para aproveitar as oportunidades emergentes do cenário atual.

**FIGURA 5. 1. DETERMINANTES DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FORNECEDORES EM CADEIAS PRODUTIVAS INTEGRADAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS**



Fonte: Elaboração da autora.

### **Determinante 1 - Nível macro setorial: arranjo institucional da cadeia produtiva**

O primeiro determinante identificado para a capacitação tecnológica dos fornecedores em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais foi o arranjo institucional, que se refere ao nível de articulação e maturidade das instituições, privadas ou governamentais, representantes dos interesses dos agentes, com responsabilidades e prioridades definidas, diante de sua capacidade de mobilização na estruturação e desenvolvimento da cadeia produtiva.

A análise comparativa das experiências internacionais examinadas sugere que a Noruega ocupa papel de destaque neste determinante já que o governo desenhou um complexo arranjo institucional para estruturar o desenvolvimento da cadeia em seus vários aspectos, desde o financiamento para P&D até a implementação propriamente dita de institutos de tecnologia e órgãos regulatórios, além da formação de recursos humanos críticos para o setor. Dentre as

instituições responsáveis pela maturidade deste determinante na cadeia produtiva de PGN na Noruega podemos mencionar o Ministério de Petróleo e Energia (MPE); o *Norwegian Petroleum Directorate* (regula a administração de recursos e proteção ao meio-ambiente); *Government Petroleum Insurance Fund* (fundo de financiamento), empresas como a SDFI, a PETORO e a StatoilHydro e instituições públicas de pesquisa, em que pode-se destacar a Universidade de Oslo e o *Norwegian Institute of Technology*. Além disso, o arranjo institucional permitiu tanto a atração empresas multinacionais com as *expertises* vistas como necessárias para o desenvolvimento da cadeia, como também a concessão de proteção temporária para a capacitação tecnológica dos fornecedores locais.

No caso da Finlândia, o arranjo institucional é de menor complexidade, mas houve uma estruturação e articulação no sentido de promover uma diversificação da cadeia produtiva para viabilizar seu desenvolvimento em novos elos industriais, como a indústria de papel e de processamento. Essa integração aliada à diversificação dos produtos da cadeia possibilitou um maior envolvimento dos diversos agentes no processo de capacitação tecnológica e contribuiu fortemente para a competitividade do setor.

Já na Austrália o aparato institucional apresenta uma maior diversidade, já que existem várias instituições e associações de classe envolvidas no processo de criação de condições favoráveis para o desenvolvimento do setor, sendo evidente o alinhamento entre elas com a preocupação de migrar para segmentos da indústria de vinho em que exista maior agregação de valor, mesmo que as bases da cadeia ainda apresentem elevado conteúdo “artesanal”.

No Brasil existem diversas instituições que atuam amplamente no setor, dentre as quais podemos destacar o IAC, o CTC, o CTBE, a Embrapa, como institutos de pesquisa, a FAPESP, a FINEP e o BNDES como órgãos de fomento; além da UNICA, o CEISE e a Agência Brasileira de Promoção de Exportações (APEX)<sup>56</sup> como entidades e instituições representativas do setor privado. O governo federal também merece destaque uma vez que centraliza diversas iniciativas e programas para financiar e alavancar o desenvolvimento e a competitividade da cadeia produtiva. Entretanto, podemos observar que ainda falta uma maior articulação e coordenação

---

<sup>56</sup> A APEX executa o Projeto Setorial Integrado de Construção do Mercado Mundial de Etanol de Cana-de-Açúcar em parceria com a UNICA para promoção da imagem do etanol brasileiro como energia limpa e renovável no exterior. O projeto envolve as 105 empresas associadas à UNICA mais 245 unidades processadoras do setor sucroalcooleiro localizadas em todo país. Fonte: <http://www.apexbrasil.com.br/portal> (acesso em 24/10/2011).

entre as instituições, que seja capaz de promover uma maior integração dessas iniciativas para catalisá-las e ampliar sua abrangência e difusão na cadeia produtiva por meio de um projeto único e alinhado às expectativas da maioria dos agentes envolvidos. Neste sentido, incrementar a interação universidade-empresa ainda é um grande desafio a ser superado, já que se percebe que grande parte das pesquisas realizadas em ICTs e nas universidades ainda são poucas utilizadas e acessadas pela iniciativa privada, como ilustraram os dados da pesquisa de campo deste trabalho.

## **Determinante 2 - Nível macro: encadeamentos setoriais da cadeia com a indústria**

Neste determinante são considerados os encadeamentos setoriais da cadeia produtiva analisada com a totalidade da estrutura industrial do país, dependendo do seu nível de integração e importância relativa na indústria nacional.

Ao analisarmos as experiências internacionais podemos observar que a indústria de PGN, inclusive na Noruega, tem forte poder de encadeamentos produtivos e setoriais com a totalidade da indústria diante da complexidade e diversidade de segmentos que compõem a sua cadeia produtiva, o que evidencia seu papel de destaque com relação às demais experiências. Na Noruega, a cadeia produtiva de PGN é responsável por 1/3 do rendimento do Estado (2005), pela geração de 80 mil empregos, 25% do PIB da Noruega e mais de 50% das exportações (Ministério das Finanças, 2005; IEDI, 2009). Hoje os fornecedores de PGN da Noruega estão entre as principais empresas do mundo e o país é reconhecido como uma referência internacional.

A indústria florestal da Finlândia perdeu importância relativa na estrutura industrial do país mas isso se explica pela migração e diversificação de seus elos produtivos, sendo que, reflete-se em grande parte pelo desenvolvimento recente do país na área de TICs (Tecnologia de Informação e Comunicação). Uma evidência disso é o caso emblemático da trajetória da Nokia, que hoje é um *player* importante da indústria mundial de telecomunicações, embora tenha se originado como uma empresa tradicionalmente produtora de papel. Isso significa que a integração das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais foi capaz de iniciar um processo de transformação da estrutura industrial local do país.

No caso da indústria de vinhos da Austrália ainda não se percebe grandes efeitos na estrutura industrial do país por este movimento de agregação de valor ainda estar em andamento e ter se iniciado no período recente, o que ainda não permite uma avaliação adequada de seus efeitos.

No Brasil os encadeamentos da cadeia produtiva sucroalcooleira com a totalidade da indústria são expressivos diante do conteúdo local da cadeia, que pode ser observado pelos dados do VTI comparativamente a outras cadeias como a aeronáutica, PGN e automotiva. A cadeia sucroalcooleira tem a mesma importância relativa da cadeia automobilística e supera a farmacêutica, a petroquímica e a aeronáutica, sendo que a liderança é ocupada pela cadeia de PGN que tem um porte quatro vezes maior que a sucroalcooleira. Diante deste peso na estrutura industrial pode-se estimar, em linhas gerais, o potencial da cadeia em impulsionar efeitos em outras atividades econômicas por meio de seus encadeamentos setoriais e tecnológicos.

### **Determinante 3 - Nível macro: política industrial**

Este determinante considera o impacto das políticas governamentais para promoção do desenvolvimento industrial, científico e tecnológico, agrupadas aqui como políticas industriais. A trajetória de longo prazo desta política com suas iniciativas e impactos ao longo das décadas na integração da cadeia produtiva são o foco de análise deste determinante.

A política industrial foi um elemento crítico do desenvolvimento e consolidação da cadeia produtiva de PGN na Noruega. A intervenção estatal não se restringiu às iniciativas para adensamento do conteúdo local e para o desenvolvimento tecnológico, já que se estendeu também para a participação do Estado nas empresas atuantes na cadeia, já que tem detendo 44% das ações da Norsk Hydro ASA, 100% da PETORO e 100% da Gassco AS (ANP, 2004). A política industrial também exerceu papel decisivo na construção do modelo regulatório da cadeia que permitiu a criação de mecanismos de transferência tecnológica para promover o aprendizado e a capacitação das empresas locais.

No caso da Finlândia e da Austrália, a intervenção governamental não ocorreu de forma tão direta nas medidas de política industrial implementadas, mas foram desenhadas no sentido de promover as condições e um ambiente favorável para o desenvolvimento da cadeia segundo os objetivos estratégicos definidos em sua trajetória de longo prazo. Dentre as iniciativas de destaque podemos mencionar os incentivos às atividades de P&D, a estruturação de institutos de pesquisa e universidades, colaborando de maneira expressiva para a geração da massa crítica necessária para promover essa transformação estrutural das cadeias.

No Brasil a política industrial também foi fundamental para o desenvolvimento da competitividade do setor. Primeiro, por criar efetivamente um mercado para o etanol com o

Proálcool na década de 1970. Segundo, por promover vários programas e iniciativas para o aprendizado tecnológico e a criação de competências científicas e tecnológicas nas ICTs e nas universidades, as quais tiveram papel decisivo na construção da competitividade da cadeia. Atualmente a política ainda se mantém como fator crítico, já que os desembolsos do BNDES e os programas governamentais são fonte de recursos para promover o dinamismo industrial e a capacitação tecnológica das empresas do setor. Entretanto, ainda faltam iniciativas que exijam maior envolvimento do setor privado, principalmente em atividades de maior conteúdo tecnológico, vislumbrando uma perspectiva de longo prazo e iniciativas direcionadas exclusivamente ao setor de bens de capital da cadeia, ou seja, os fornecedores de máquinas e equipamentos diante do seu poder de difusão em outras atividades econômicas, como já foi discutido anteriormente. Mesmo assim, deve-se destacar que o governo recentemente tem se empenhado em controlar com maior rigor o setor para garantir a oferta de etanol no mercado local e evitar uma desestruturação das bases da cadeia.

#### **Determinante 4 – Nível macro: sistema setorial de inovação**

Este determinante do nível macro considera o grau de maturidade e articulação de esforços do sistema setorial de inovação de forma ampla, ou seja, desde a trajetória de construção da competitividade até a articulação entre as ICTs, governo e setor privado nas iniciativas voltadas para inovação. No caso da cadeia de PGN na Noruega a integração entre os agentes do sistema de inovação merece destaque, mas a Finlândia também possui elevada integração entre seus agentes, tanto do setor público quanto do setor privado.

No Brasil percebe-se que as ICTs e universidades acumulam várias experiências e expertises, principalmente no elo agrícola da cadeia, mas a integração com as atividades industriais ainda precisam ser aprimoradas para que as políticas públicas sejam realmente eficazes.

#### **Determinante 5 - Nível macro: base de conhecimento**

Considerando as peculiaridades do padrão inovativo em indústrias LMT, principalmente das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, como discutido no primeiro capítulo deste trabalho, podemos destacar a importância da base de conhecimento, entendida como toda a infraestrutura e conhecimento científicos e tecnológicos acumulados em ICTs atuantes no setor, para entendermos o padrão inovativo nessas cadeias. Esta base de conhecimento envolve várias

áreas do conhecimento e disciplinas mas geralmente encontra-se dispersa, portanto, identificar a amplitude e a complexidade da base de conhecimento utilizada para as atividades inovativas das cadeias produtivas analisadas torna-se um determinante crítico.

Neste determinante todas as experiências internacionais analisadas apresentam o mesmo grau de desenvolvimento já que o grande desafio é utilizar a base de conhecimento com suas múltiplas oportunidades para agregar valor aos produtos e busca nichos de mercado para criação de novas competências. Como essa é uma característica estrutural das cadeias baseadas em recursos naturais, a variação no grau de complexidade e na forma distribuição da base de conhecimento das experiências internacionais é pequena. A diferença entre elas está na forma de utilização desta base do conhecimento para construir sua trajetória de desenvolvimento. No caso da Noruega ela foi fortemente direcionada e controlada pelos fornecedores locais para integração da cadeia e construção da competitividade internacional. Já no caso da Finlândia e da Austrália a difusão da base do conhecimento favoreceu a integração da cadeia seja para a diversificação setorial ou para a geração de produtos de maior valor agregado. Por último, no Brasil percebemos vários elementos de cada uma dessas trajetórias, sendo que a fragilidade na capacitação tecnológica dos fornecedores ainda é elemento que deve ser alvo de políticas para que se consolide a base de conhecimento, que ainda é bastante informal e de caráter tácito.

#### **Determinante 6 - Nível meso: relação usuário-produtor**

As atividades inovativas *non-R&D* são extremamente importantes para a acumulação de competências e para o aprendizado tecnológico em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, por isso, como discutido anteriormente, a interação usuário-produtor assume grande relevância ao consolidar este padrão inovativo com uma outra abordagem. Neste determinante são examinados os elementos críticos da relação usuário-produtor para verificar se são realizados esforços e parcerias para a inovação nestas cadeias produtivas integradas. A relação usuário-produtor é a principal fonte de capacitação tecnológica dos fornecedores de bens de capital, geralmente máquinas e equipamentos, das cadeias produtivas LMT, os quais tem importante papel na difusão dessas tecnologias para o restante da cadeia e também para outras atividades econômicas da indústria.

Neste determinante novamente a cadeia produtiva de Noruega ocupa posição de destaque porque pode-se observar este vínculo forte entre os fornecedores e os demais elos da cadeia, os quais

utilizaram-se primeiramente de mecanismos de transferência tecnológica e depois, por meio de engenharia reversa, *learning-by-doing* e *learning-by-using*, foram capazes de acumular competências tecnológicas e se tornaram referência na indústria de PGN mundial. No caso da Finlândia e da Noruega observa-se uma forte interação entre usuários e produtores, dos vários segmentos da cadeia produtiva, embora ocorra em um grau menos expressivo na Noruega.

No Brasil este vínculo ainda é fraco, já que as usinas ainda participam pouco do desenvolvimento das inovações tecnológicas, o que também acaba dificultando a capacitação tecnológica dos fornecedores locais que conduzem esse processo de forma isolada, com iniciativas ainda pouco estruturadas comparativamente às demais cadeias analisadas.

### **Determinante 7 – Nível meso: geração de conhecimentos informais**

Diante das peculiaridades do padrão inovativo em indústrias LMT, os conhecimentos informais, gerados também na interação entre usuário e produtor, tornam-se importante fonte de informações e competências tecnológicas por meio dos mecanismos de *learning-by-doing* e *learning-by-using*. Por isso, neste determinante é necessário examinar se existe e qual a importância da geração de conhecimentos informais para a capacitação tecnológica dos fornecedores nestas cadeias produtivas integradas baseadas em recursos naturais.

A indústria florestal da Finlândia evidencia um movimento de migração na geração de conhecimentos, que cada vez mais deixam de ser informais para se consolidar como formais e consolidados em atividades de P&D, o que contribuiu para a construção dos novos elos da estrutura industrial, em setores de maior intensidade tecnológica.

A Austrália também ilustra uma trajetória interessante neste determinante, já que além de estruturar amplos programas de P&D, também fomentou iniciativas para a construção de marca e *marketing* próprio, divulgando amplamente os diferenciais do vinho australiano entre as marcas e regiões do mundo, a fim de inserir-se no segmento “*Premium*” do mercado global. A colaboração entre os agentes foi uma iniciativa fundamental, principalmente se considerarmos que grande parte dos produtores de uvas e vinhos são de pequenas e médias empresas, no qual grande parte do fluxo de conhecimento se dá de maneira informal.

O Brasil possui uma elevada contribuição dos conhecimentos informais para a capacitação tecnológica dos fornecedores locais, já que grande parte das inovações são de processo e de caráter incremental, resultantes da experiência acumulada na rotina dos fabricantes. Embora o



país tenha amplo conhecimento científico acumulado na área agrícola, na fase industrial ainda há oportunidades de desenvolvimento tecnológico em vários produtos e processos, como discutido anteriormente.

### **Determinante 8 – Nível meso: grau de difusão e escopo das inovações tecnológicas**

Um determinante fundamental e que nem sempre é adequadamente analisado na literatura, é o grau de difusão e o escopo das inovações tecnológicas da cadeia produtiva, o que significa examinar o grau de novidade, ou seja, o caráter inovativo dessas atividades e seu potencial de difusão em outras atividades econômicas ou mesmo em mercados internacionais desta mesma cadeia. Esse determinante é de grande relevância já que inovações que são somente adaptações já existentes em mercados internacionais tem seu escopo reduzido uma vez que jamais poderão ser “exportadas” para esses mercados. De acordo com o escopo e o grau de difusão, as atividades tecnológicas podem variar entre baixa, média-baixa, média-alta e alta nesta abordagem.

Neste determinante, as inovações das cadeias de PGN da Noruega e florestal da Finlândia merecem destaque porque foram desenvolvidas localmente a partir de mecanismos de *learning-by-doing* e *learning-by-using* após a transferência de tecnologia com especialistas do setor. A capacitação tecnológica dos fornecedores possibilitou a criação de tecnologias inovadoras e disruptivas que possuíam um caráter de novidade inclusive nos mercados internacionais, o que favoreceu a inserção internacional competitiva destes países de diferentes formas. No caso da Finlândia por meio da diversificação da cadeia em novas atividades com produtos inovadores inclusive na indústria mundial. Por outro lado, na Austrália esses mecanismos consolidaram os processos de produção para que houvesse um incremento no valor agregado em seus produtos tradicionais, caminhando para produtos aprimorados mas no nível mundial, o que amplia enormemente seu poder de difusão.

Para a cadeia produtiva sucroalcooleira, as inovações tecnológicas geralmente são de produtos tecnologicamente aprimorados e o grau de novidade se restringe ao nível da empresa. Além disso, o mercado do setor sucroalcooleiro ainda se restringe ao mercado local, por isso o poder de difusão desses produtos tecnologicamente aprimorados pode ser considerado como extremamente baixo, uma vez que grande parte das tecnologias inovadoras dos fornecedores do setor já é utilizada no exterior.

## **5.2. Uma discussão sobre os estágios de capacitação tecnológica dos fornecedores das diferentes cadeias produtivas baseadas em recursos naturais examinadas**

O estágio de capacitação tecnológica dos fornecedores reflete em grande parte o estágio de desenvolvimento industrial e tecnológico da cadeia produtiva baseada em recursos naturais e seu potencial de superação das limitações intrínsecas e também difusão de encadeamentos para a totalidade da estrutura industrial do país.

O interessante da comparação entre as diversas experiências internacionais avaliadas é perceber que cada uma delas construiu competências tecnológicas específicas por diferentes caminhos, de acordo com as vantagens comparativas acumuladas e as oportunidades emergentes no cenário mundial. No caso da indústria de PGN da Noruega, houve uma forte intervenção governamental, por meio de mecanismos de fomento à P&D e contrapartidas no marco regulatório, que possibilitaram aos fornecedores locais o envolvimento em um processo de aprendizado tecnológica a partir da engenharia reversa com os *players* internacionais que atuavam no mercado doméstico. Por meio do aparato institucional, essas competências foram sendo incorporadas localmente e a cadeia de PGN, com toda sua complexidade e segmentação, se tornou integrada e competitiva internacionalmente.

Já no caso da indústria florestal da Finlândia, a intervenção governamental ocorreu em menor grau, mas foi decisiva na elaboração da estratégia que definiu uma maior integração, mas também diversificação da cadeia produtiva, que migrou para segmentos da indústria química e de papel. Essa diversificação “de dentro para fora” ocasionou uma transformação não só na cadeia florestal, pois gerou efeitos também na estrutura industrial do país, diante da importância relativa do setor e do tamanho reduzido do mercado doméstico, que induziu a uma maior internacionalização das atividades produtivas.

A indústria de vinhos da Austrália remete à incorporação de novos atributos, de maior valor agregado, a produtos tradicionais, mantendo suas características artesanais mas com processos de elevada complexidade tecnológica. Para atingir essa estratégia de incremento do valor agregado nos mesmos produtos, os agentes do setor, principalmente várias associações e instituições representativas, elaboraram uma estratégia de longo prazo e consolidaram diversas iniciativas, desde aquelas de caráter transversal como formação de recursos humanos até expressivos investimentos em P&D propriamente dita para aumentar a profissionalização das atividades do setor. Com tais elementos é possível perceber que, independentemente da trajetória adotada, é

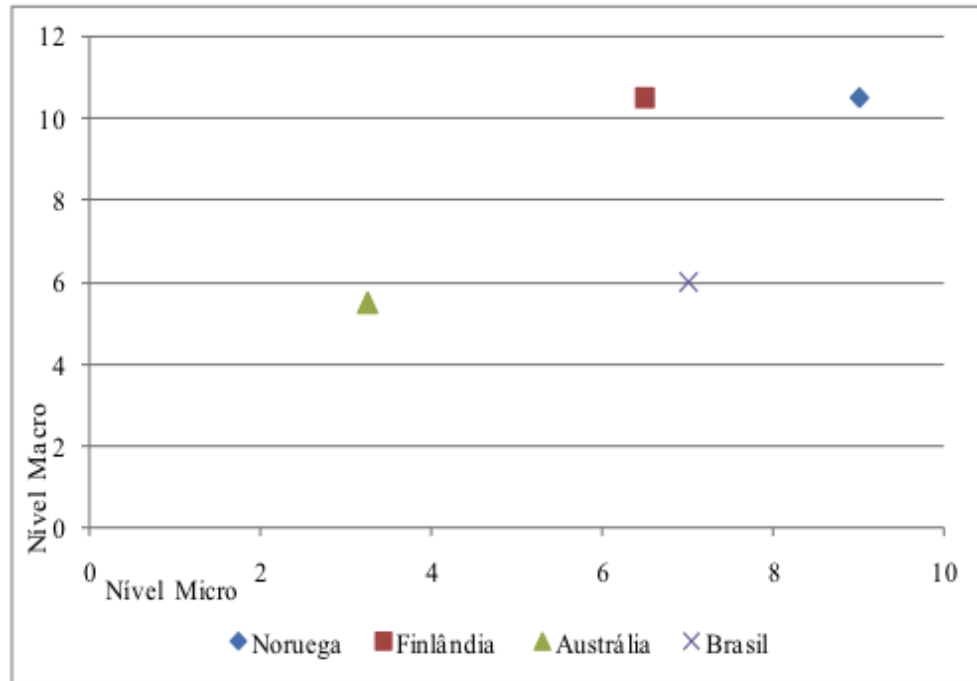
necessário acumular competências tecnológicas específicas para que o país se diferencie de maneira estruturada no cenário mundial e possa superar as limitações intrínsecas das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais.

De acordo com essa discussão sobre a capacitação tecnológica dos fornecedores locais, de máquinas e equipamentos e a estratégia adotada na trajetória de desenvolvimento da cadeia produtiva, podemos identificar que na Noruega o setor de PGN é aquele que possui maior número de competências tecnológicas acumuladas, seguida da indústria florestal da Finlândia e do setor sucroalcooleiro no Brasil, sendo que a indústria de vinhos da Austrália ocupa a última posição, já que o processo ainda é recente e incipiente.

Esta posição da indústria baseada em recursos naturais da Noruega se justifica tanto pelo seu desempenho no nível macro como também no nível meso, que se assemelha à situação da Finlândia com relação à relação usuário-fornecedor. Por outro lado, o Brasil ainda tem capacidades tecnológicas a desenvolver nos dois níveis, embora esteja mais desenvolvido que a Austrália, cujo Sistema Setorial de Inovação ainda é bastante frágil, como ilustra a figura abaixo.

Neste cenário, podemos considerar que o setor sucroalcooleiro no Brasil tem capacidades tecnológicas acumuladas, as quais sustentam em grande parte a competitividade do setor sucroalcooleiro, baseadas nos seguintes elementos: elevados encadeamentos setoriais com a totalidade da indústria e ampla geração de conhecimentos informais na interação usuário-fornecedor. Por outro lado, ainda deve-se ampliar as capacidades no arranjo institucional do SSI e consolidação do SSI (nível macro), além de expandir as capacidades científicas e tecnológicas originárias da relação usuário-fornecedor e incrementar o grau de difusão a partir do escopo das inovações geradas na indústria, fragilidades estruturais crescentes que se tornam preocupantes para a trajetória de longo prazo da cadeia produtiva, como discutido no capítulo anterior.

**FIGURA 5.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E O BRASIL SEGUNDO O ESTÁGIO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FORNECEDORES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS EM INDÚSTRIAS BASEADAS EM RECURSOS NATURAIS**



Fonte: Elaboração da autora.

É interessante também realizarmos uma contraposição entre os estágios de capacitação tecnológica dos fornecedores e o próprio desenvolvimento da cadeia produtiva, como discutido no quadro 1.1. (fases de transformação da indústria em cadeia produtiva), apresentado no primeiro capítulo. Nesta evolução da indústria, podemos considerar que a Finlândia e a Noruega, além de terem elevado nível de capacitação tecnológica dos fornecedores, apresentaram a fase IV de integração da cadeia produtiva, aquele de maior maturidade. Este posicionamento se justifica pelos investimentos dos fornecedores no exterior, pelo fluxo de exportação de máquinas de todos os tipos para os mercados globais mais sofisticados e pela exportação também de projetos dos desenhos de engenharia desenvolvimento pelas equipes nacionais. Nesta perspectiva, a cadeia sucroalcooleira do Brasil estaria na fase III já que exporta insumos (como açúcar e etanol), exporta algumas máquinas nacionais para mercados menos sofisticados (como América Latina e África do Sul, como identificado na pesquisa de campo) e está em processo de consolidação das equipes nacionais envolvidas nos projetos de engenharia (fortemente relacionadas com as consultorias externas), sendo que, embora tenham competências acumuladas ainda não

conseguem exportar tais projetos. Por último, a cadeia do vinho da Austrália estaria na fase II porque consegue realizar o 1º. Nível de processamento com a substituição de insumos por locais, as máquinas são licenciadas para o mercado local e as equipes de engenharia são parcialmente nacionais, ainda em desenvolvimento e capacitação tecnológica.

Uma ressalva deve ser realizada com relação à possível associação entre o maior acúmulo de competências tecnológicas da cadeia de PGN da Noruega e a complexidade estrutural da cadeia de PGN propriamente dita. Sem dúvida, o setor de PGN envolve mais atividades econômicas e assume maior importância relativa na totalidade da indústria local, como pode se observar inclusive na indústria brasileira. Entretanto, não se justifica o maior nível de competências tecnológicas dos fornecedores pela complexidade da cadeia produtiva em si. Muito pelo contrário, diante da complexidade das atividades e encadeamentos da cadeia o acúmulo de competências tecnológicas é ainda mais difícil uma vez que requer inúmeras interfaces e diferentes requisitos, ou seja, o desafio produtivo tecnológico é ainda maior.

### **5.3. Algumas considerações sobre a capacitação tecnológica dos fornecedores da cadeia produtiva sucroalcooleira**

Diante do cenário observado na cadeia sucroalcooleira no Brasil e das lições apreendidas das experiências internacionais de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais bem sucedidas podemos identificar algumas recomendações para o incremento da capacitação tecnológica dos fornecedores locais.

Algumas recomendações já identificadas na literatura foram: 1) atividades integradas de P&D para o setor – estimular a formação de parcerias público privadas e parques tecnológicos entre Embrapa, Institutos Agrônomicos, Centros de Excelência nas Universidades, Empresas Privadas, Centros de Tecnologia (como o CTC) e as Associações, com incentivos fiscais e aporte de recursos para o desenvolvimento de pesquisas conjuntas; 2) plataforma tecnológica digital que mostre as pesquisas em curso, onde e por quais pesquisadores estão sendo feitas; 3) fortalecimento de um banco genético para cana-de-açúcar 4) patenteamento internacional de aspectos de tecnologia para evitar a “livre importação” e captar valor com exportação de tecnologia e venda de *royalties*; 5) diversificação de produtos; 6) desenvolvimento de novos produtos a partir da alcoolquímica e sucroquímica, e 7) projetos para renovação das usinas (Fava Neves e Conejero, 2010).

Após esta análise podemos evidenciar que o Brasil é competitivo em termos de produção de açúcar e etanol, mas não foi capaz de alcançar o mesmo nível de competitividade em suas tecnologias industriais, por isso é necessário uma política setorial que consolide competências científicas e tecnológicas que resultem na inserção das empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro na fronteira tecnológica mundial. Por isso, podemos considerar que existem oportunidades para explorar os encadeamentos setoriais e tecnológicos da cadeia produtiva sucroalcooleira, mas é necessário expandir a capacitação tecnológica dos fornecedores para que surjam mudanças nas características estruturais do setor de forma a expandir seus efeitos em outras atividades econômicas da indústria brasileira. Este deve ser o foco das políticas industriais elaboradas para o setor, as quais serão discutidas com maior detalhamento nas conclusões deste trabalho.



## Conclusão

Esta tese teve como objetivo identificar as possibilidades e limitações do desenvolvimento a partir de indústrias baseadas em recursos naturais e seus efeitos em outros setores da estrutura industrial do país, ao examinar um estudo de caso no Brasil - a cadeia produtiva sucroalcooleira. Por isso primeiramente foram examinadas algumas experiências internacionais nesta trajetória de desenvolvimento e seus efeitos na estrutura industrial local.

A partir da análise das experiências internacionais bem sucedidas, que discutiu os determinantes do desenvolvimento da indústria de petróleo e gás natural na Noruega, da indústria florestal da Finlândia e do setor de vinhos na Austrália, demonstrou-se que é possível superar as limitações intrínsecas das indústrias baseadas em recursos naturais por meio da construção de trajetórias evolutivas de integração dessas cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, com a geração de efeitos positivos na estrutura industrial do país. No primeiro caso, da indústria petrolífera da Noruega, destaca-se o processo de capacitação tecnológica dos fornecedores locais de máquinas e equipamentos da indústria de PGN, por meio de forte intervenção governamental no marco regulatório e nos mecanismos de fomento à P&D. Foram implementados diversos mecanismos de transferência de tecnologia, o que possibilitou o aprendizado tecnológico dos agentes locais e a sustentação da competitividade, em nível internacional, destes fornecedores noruegueses. A indústria florestal da Finlândia mostra uma trajetória distinta, já que a integração da cadeia envolveu a migração para atividades de maior valor agregado, como o setor químico e de papel, o que, no longo prazo, promoveu também uma mudança estrutural na indústria local. Já a experiência da indústria de vinhos na Austrália demonstra um processo de incremento no valor adicionado de um produto praticamente artesanal, por meio da sua inserção em categorias mundiais de maior valor nos mercados globais.

A trajetória de desenvolvimento desses países comprova o argumento sugerido por Perez (2010) já que, por meio de inovações tecnológicas em produtos, processos e atividades correlacionadas na cadeia produtiva, observa-se um processo de “transformação gradual” de vários setores da estrutura industrial, sendo que os esforços de capacitação tecnológica resultaram em um movimento de migração para produtos de maior valor agregado e especializados/adaptados de acordo com as demandas dos clientes, juntamente com o desenvolvimento de redes de inovação entre os agentes.



Com tais elementos foi possível comprovar a hipótese geral proposta neste trabalho, ou seja, o desenvolvimento industrial em cadeias baseadas em recursos naturais pode consolidar uma trajetória virtuosa no longo prazo, com a geração de efeitos positivos em outras atividades da estrutura industrial existente por diferentes caminhos. Os elementos críticos para tal processo são a integração das cadeias produtivas e a capacitação tecnológica dos agentes locais, para que seja possível uma inserção competitiva nos mercados globais que possibilite a superação das limitações intrínsecas das indústrias baseadas em recursos naturais.

Vale ressaltar que a pretensão do trabalho foi demonstrar que o desenvolvimento de cadeias produtivas baseadas em recursos naturais não significa um retrocesso na trajetória de desenvolvimento industrial dos países, representando um contraponto ao argumento da “maldição dos recursos naturais”, já que existem encadeamentos setoriais na estrutura industrial, os quais poderiam gerar efeitos positivos em outras atividades econômicas, o que implicaria no passo inicial em direção a um maior avanço no desenvolvimento da estrutura industrial dos países. Por outro lado, isso não significa que as cadeias produtivas baseadas em recursos naturais sejam capazes de realizar uma revolução na estrutura industrial dos países, particularmente na brasileira, já que os seus efeitos em outras atividades só são suficientes para iniciar o processo.

Ao retomarmos as questões norteadoras da pesquisa observamos que a hipótese sobre a indústria sucroalcooleira foi apenas parcialmente comprovada. Embora reconheçamos as peculiaridades do padrão inovativo das indústrias baseadas em recursos naturais, como discutido no primeiro capítulo, a avaliação das atividades produtivas e tecnológicas do setor sucroalcooleiro apontou inúmeras fragilidades estruturais. Os dados da PINTEC (2000-2005) demonstraram que as inovações se restringem à aquisição de máquinas e equipamentos, com baixo investimento em atividades de P&D e fraca interação com as universidades e institutos de pesquisa. A análise do sistema setorial de inovação ressaltou a importância de alguns centros de pesquisa na acumulação de competências científicas e tecnológicas, como o CTC e o IAC, dentre outros. O financiamento público à P&D também promoveu inúmeros projetos e programas para a consolidação dessas competências. A base de conhecimento do setor é bastante distribuída e as competências acumuladas nas últimas décadas resultaram na competitividade atual do etanol de 1<sup>a</sup>. geração, mas não garantem a sua sustentação no próximo período.

Por outro lado, a pesquisa de campo, cujo foco foram os fabricantes de máquinas e equipamentos do setor sucroalcooleiro, demonstrou algumas fragilidades estruturais preocupantes emergentes

na cadeia produtiva. Percebe-se que a concorrência ainda permanece fortemente fundamentada no fator preço, agravada pelo *inward looking* dos produtores locais da cadeia. Há indícios de uma tendência de redução do conteúdo local da cadeia, principalmente com relação aos insumos, que tendem a se tornar importados em função da conjuntura cambial. Além disso, grande parte das inovações são de caráter incremental, derivadas de atividades rotineiras de domínio público, sem esforços para a construção de competências específicas em um olhar de mais longo prazo, resultando em produtos aprimorados cujo grau de novidade permanece restrito ao nível da empresa. A realidade do setor, demonstra que grande parte das empresas ainda são iniciantes e reativas com relação às atividades tecnológicas, sendo que somente uma minoria é realmente empreendedora e envolve-se em cooperação com empresas de engenharia e consultoria para a geração de inovações tecnológicas em seus produtos e processos.

A combinação desses fatores evidencia um cenário preocupante para o setor no próximo período e reforça a necessidade de políticas públicas para reverter esse processo. Com tais elementos, demonstrou-se que a cadeia produtiva sucroalcooleira não possui competências tecnológicas suficientes para construir uma trajetória evolutiva específica para as indústrias baseadas em recursos naturais, capaz de promover uma inserção competitiva nos mercados globais com o aproveitamento das oportunidades emergentes para o setor. Portanto, a hipótese sobre o estudo de caso foi apenas parcialmente comprovada, já que existem capacidades tecnológicas acumuladas nos fornecedores locais, mas não no nível necessário para surtir efeitos em outras atividades da estrutura industrial brasileira e iniciar um processo de transformação efetiva localmente.

Para incrementar o processo de capacitação tecnológica dos agentes nesta cadeia produtiva baseada em recursos naturais as políticas industriais assumem um papel fundamental. Considerando as experiências internacionais analisadas e as peculiaridades do padrão inovativo das cadeias produtivas baseadas em recursos naturais, consideramos que algumas recomendações podem ser feitas, as quais foram sintetizadas nas proposições apresentadas abaixo.

Em primeiro lugar é necessário haver uma maior integração dos instrumentos de política pública, assim como sua fiscalização, tanto no âmbito federal quanto estadual, o que se torna ainda mais crítico para as políticas de promoção de ciência e tecnologia. Nas experiências internacionais analisadas houve a concessão de vários incentivos, mas também houve uma rígida fiscalização nas empresas nacionais para garantir a transparência e o incremento contínuo neste processo de capacitação tecnológica. Um exemplo disso são as recentes iniciativas do programa PAISS

lançado recentemente pela FINEP e pelo BNDES. Seria necessário, antes do lançamento da linha direcionada à cadeia, verificar como tem sido a adesão das empresas em iniciativas já em andamento, como nos desembolsos do BNDES e nas iniciativas da FAPESP, como no programa BIOEN e no edital conjunto FAPESP-Dedini implementados em São Paulo, estado que concentra grande parte das atividades produtivas da cadeia. Entender as motivações da baixa demanda no edital Dedini, as lacunas existentes no programa BIOEN e mecanismos de transferência de tecnologia entre os agentes (entre as consultorias/empresas de engenharia e usinas e fabricantes de máquinas e equipamentos) seria uma oportunidade de melhoria no desenho/concepção dos instrumentos para garantir o aumento de sua eficiência diante da maior articulação entre eles. Uma segunda iniciativa seria estipular contrapartidas para que exista uma maior fiscalização da legislação vigente, como a exigência de investimentos mínimos em atividades de P&D e relacionadas à capacitação tecnológica dos agentes em elos críticos da cadeia (como máquinas e equipamentos e usinas) para desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada em suas variadas formas, como *non-R&D*. Isso significa que não basta apenas garantir o abastecimento da demanda doméstica de etanol, como determinou a Medida Provisória 532/2011, mas também desenhar um plano de desenvolvimento industrial e tecnológico da cadeia produtiva a partir dos gargalos e das oportunidades existentes nos mercados globais.

Uma terceira iniciativa que deve ser incluída nas iniciativas de política pública é o fomento à diversificação da cadeia produtiva, para que sejam explorados novos produtos como o plástico verde e indústria alcoolquímica, além dos subprodutos tradicionais açúcar, etanol e energia elétrica. Isto poderia ser implementado por meio de parcerias público privadas ou mesmo da adoção destas novas tecnologias em evento de grande amplitude, como a Copa do Mundo e os Jogos Olímpicos, o que favoreceria os ganhos de escala e a divulgação mundial destes novos produtos e da “marca Brasil”, reforçando seu caráter sustentável.

Uma quarta ação prioritária seria elaborar juntamente com o setor privado uma estratégia de longo prazo para sustentar a competitividade setorial frente aos novos desafios e oportunidades emergentes no cenário mundial. Como já foi discutido surgem elementos preocupantes para o desenvolvimento do setor - como o escopo reduzido de difusão das inovações, que são predominantemente aprimoramentos em produtos existentes, no nível da firma, e a tendência de redução do conteúdo local nas etapas de produção da cadeia – que deveriam ter um plano de ação imediato para que seus efeitos negativos possam ser combatidos. Além disso, a construção dessa

estratégia deveria contemplar uma “especialização inteligente” do setor ao combinar as competências acumuladas com uma trajetória virtuosa específica. Essa trajetória provavelmente associada ao desenvolvimento de novos produtos no nível mundial (como fabricação de máquinas e equipamentos projetados de forma customizada, a estruturação da indústria alcoolquímica e o fomento a novos produtos, como plásticos biodegradáveis e desenvolvimento de novas variedades genéticas de cana-de-açúcar). Além disso, o fomento governamental deveria ser mais estruturado mas também exigir maior envolvimento e investimentos do setor privado, principalmente em atividades tecnológicas e realização de investimentos *greenfield*, ao invés de permanecer restrito à regulação e proteção da oferta doméstica de etanol combustível.

Por fim, a quinta e última recomendação diz respeito à capacitação das equipes de engenharia e consultoria dos fornecedores locais de máquinas e equipamentos da cadeia produtiva sucroalcooleira. O MCT e o MDIC poderiam identificar referências mundiais da indústria de bens de capital e incentivar contratos de transferência de tecnologia, com incentivos para a capacitação tecnológica dos fornecedores locais para incrementar a interação com essas equipes de engenharia e consultores, diante do seu papel estratégico dos fabricantes de máquina na cadeia e seus possíveis efeitos em outras atividades da indústria. Após período determinado, seriam estabelecidas metas de capacitação tecnológica para as equipes de engenharia destes fornecedores ou mesmo para consultorias independentes que atuam no setor. Estas empresas, agora com um novo estágio de capacitação tecnológica, poderiam exportar projetos de máquinas e equipamentos customizados para as empresas multinacionais de outros países para expansão da cadeia e começariam a receber remunerações de propriedade industrial a partir desses projetos que seriam produzidos em outros países com a *expertise* dos fornecedores brasileiros.

Diante da consolidação desses mecanismos e instrumentos de política industrial, seria possível incrementar as competências científicas e tecnológicas na cadeia e criar condições favoráveis para que seja possível explorar adequadamente as oportunidades mundiais que emergem no período recente e evitar que as preocupações identificadas na pesquisa de campo gerem efeitos negativos na competitividade do setor no longo prazo.

Com os objetivos deste trabalho cumpridos, ressalta-se sua importância na contribuição sobre o potencial de desenvolvimento a partir de indústrias baseadas em recursos naturais e seus efeitos na estrutura industrial brasileira, com a identificação de determinantes críticos para a

consolidação das competências tecnológicas nestes setores, que ainda ocupam e tendem a continuar representando parte expressiva das atividades industriais e exportações brasileiras.

Como pesquisas futuras neste tema seria interessante avançar em um exame complementar de caráter mais quantitativo, por meio de modelos econômicos e análises econométricas, para identificar exatamente o efeito de cada uma das cadeias baseadas recursos naturais competitivas na estrutura industrial brasileira. Com este diagnóstico, seria possível selecionar aquelas com maior potencial de geração de encadeamentos produtivos e tecnológicos para outras atividades econômicas da estrutura industrial brasileira por meio do fomento à capacitação tecnológica dos seus fornecedores locais de máquinas e equipamentos no Brasil.

## Referências Bibliográficas

ABARCA, C.D.G. Inovações tecnológicas na agroindústria da cana-de-açúcar. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 1999.

ACHA, V.; DAVIES, A.; HOBDA, M.; SALTER, A. Exploring the capital goods economy: complex product systems in the UK. **Industrial and Corporate Change**, vo.13, no. 3, p. 505-29, 2004.

ALEM, A. C.; PESSOA, R.M. O setor de bens de capital e o desenvolvimento econômico: quais são os desafios? **BNDES Setorial**, no.22, p.71-88, 2005.

ALI-YRKKO, J. The role of Nokia in the Finnish Economy. **Paper**, The Research Institute of the Finnish Economy, 2001. Disponível em [http://www.etla.fi/files/940\\_FES\\_01\\_1\\_nokia.pdf](http://www.etla.fi/files/940_FES_01_1_nokia.pdf) (acesso em 15/07/2010).

ALMEIDA, L.; RODRIGUES, D.A. (coord.). **Competitividade da indústria paulista – proposta de políticas**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Editora Páginas e Letras, São Paulo/SP, 2008.

ANDERSEN, A.D. Getting the economic activities right – the case of the Brazilian Sugarcane-Ethanol industrial complex. **DRUID-DIME Academy Winter 2009**, PhD Conference, Aalborg, Denmark, 2009.

ANDERSON, K. Lesson for other industries from Australia's booming wine industry. **Policy Discussion Paper**, Center for International Economic Studies, no. 25, 2000.

ANDERSON, K. **The World's Wine Markets – Globalization at work**. Edward Elgar Publishing, UK, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (ANP). A Reforma da indústria de gás natural na Noruega. **Relatório R. Garcia Consultores**, Estudo para a elaboração de um modelo de desenvolvimento da indústria brasileira de gás natural, Rio de Janeiro, 2004.

ARAÚJO, B. A indústria de Bens de Capital. **Estudos Setoriais de Inovação**, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Brasília, 2009.

ARBIX, G.; VARON, J. Finlândia, o salto para uma economia baseada no conhecimento. In: Arbix, G.; Salerno, M.; Toledo, D.; Miranda, Z.; Alvarez R. Inovação – Estratégia de sete países. **Série Cadernos da Indústria**, vol. XV, ABDI, Brasília/DF, 2010.

ASHEIM, B.; COELEN, L. Knowledge bases and regional innovation systems: comparing Nordic clusters. **Research Policy**, no.34, p.1173-1190, 2005.

AVELLAR, A. P. Relatório Setorial Final: Bens de Capital Mecânico. **Diretório da Pesquisa Privada**, setembro/2005, mimeo.

AYLWARD, D.K. Innovation-Export Linkages within Different Cluster Models: A Case Study from the Australian Wine Industry. **Prometheus**, vol. 22, no. 4, December 2004.

AYLWARD, D.K.; ZANKO, M. Emerging Interorganizational Structures in the Australian Wine Industry: Implications for SMEs. **Proceedings of the 5th Global conference on Business and Economics**, Cambridge, July, 2006. Disponível em <http://ro.uow.edu.au/commpapers/61> (acesso em 14/04/2010).

BALCEROWICZ, E.; PECZKOWSKI, M.; WZIATECK-KUBIAK, A. The innovation patterns of firms in low and high technology manufacturing sectors in the New Member States. **Case Network Studies & Analyses**, no. 390, 2009.

BASTOS, V. Etanol, alcoolquímica e biorefinarias. **BNDES Setorial**, no.25, p.5-38, 2007.

BELL, M.; PAVITT, K. Accumulating technological capability in developing countries. **Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics**, Washington, DC, 1993.

BENDER, G. Peculiarities and Relevance of Non-Research-Intensive Industries in the Knowledge-Based Economy. **Final Report**, Project PILOT, 2006. Disponível em <http://www.pilot-project.org/publications/publications.html> (acesso em 29/12/2009).

BLOMSTROM, M.; KOKKO, A. From natural resources to high-tech production: the evolution of industrial competitiveness in Sweden and Finland. In: Lederman, D.; Maloney, W. **Natural Resources – neither curse nor destiny**. Latin American Development Forum, World Bank, Stanford University Press, Washington DC, 2007.

BLOMSTROM, M.; KOKKO, A.; SJOHOLM, F. Growth and innovation policies for a knowledge economy: experiences from Finland, Sweden and Singapore. European Institute of Japanese Studies, **EIJS Working Paper Series**, no. 156, 2002. Disponível em <http://swopec.hhs.se/eijswp/papers/eijswp0156.pdf> (acesso em 13/08/2010).

BNDES/CGEE. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. BNDES, Rio de Janeiro, 2008.

BONTEMPO, J.V. O futuro dos biocombustíveis III: O processo de inovação que está construindo a indústria do futuro, **Blog Infopetro**, 2010. Disponível em <http://infopetro.wordpress.com/2010/07/12/o-futuro-dos-biocombustiveis-iii-o-processo-de-inovacao-que-esta-construindo-a-industria-do-futuro/> (acesso em 20/01/2012).

BOUND, K. **Brazil – the natural knowledge economy**. The Atlas of ideas, DEMOS, Lecturis, Eindhoven, 2008. Disponível em [http://www.demos.co.uk/files/Brazil\\_NKE\\_web.pdf](http://www.demos.co.uk/files/Brazil_NKE_web.pdf) (acesso em 09/11/2011).



BRITISH PETROLEUM, **Statistical Review of World Energy**, 2008, Disponível em <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622> (acesso em 16/12/2008)

BUCKERIDGE, M.; DOS SANTOS, W.; DE SOUZA, A. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: Cortez, L.A.B (coord). **Bioetanol de cana-de-açúcar – P&D para produtividade e sustentabilidade**. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

CARVALHO, P. **Uma perspectiva para a indústria de semicondutores no Brasil: o desenvolvimento das “design houses”**. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2006.

CASTELLACCI, F. Innovation in Norway in a European Perspective. **TIK Working Paper on Innovation Studies**, no. 20070609, 2007. Disponível em <http://www.tik.uio.no/InnoWP/IPP%20Castellacci%20WP%20ready.pdf> (acesso em 05/06/2009).

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. **The World Factbook.**, Washington, DC, 2010. Disponível em <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> (acesso em 14/10/2011).

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil**. Brasília/DF, 2004.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Estudo Energias Renováveis – Etanol de Cana**. Áreas Tradicionais. Relatório Final. Brasília/DF, 2008.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**, Brasília/DF, 2009.

CHRISTENSEN, J. Analyzing the technology base of the firm: a multi-dimensional resource and capability perspective. In: Foss, N.J.; Knudsen, C. **Towards a competence theory of the firm**. London, Routledge, 1996.

CIMOLLI, M.; PORCILLE, G.; PRIMI, A.; VERGARA, S. Cambio Estructural, heterogeneidade productiva y tecnologia en América Latina. In: Cimolli, M. **Heterogeneidad estructural, assimetrias tecnológicas y crecimiento en América Latina**, Nações Unidas/Cepal, Santiago de Chile, 2005.

CORAZZA, R.; SALLES-FILHO, S. Opções produtivas mais limpas: uma perspectiva evolucionista a partir de um estudo de trajetória tecnológica na agroindústria canavieira. **XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, São Paulo-SP, 2000.

CUSMANO, L.; MORRISON, A.; RABELLOTTI, R. Catching up and Sectoral Systems of Innovation: a comparative study on wine sector in Chile, Italy and South Africa. **Globelics Conference**, 2008.

DAHLMAN, C.; WESTPHAL, L. Technological effort in industrial development - an interpretative survey of recent research. In: Stewart, F.; James, J. (Eds.). **The economics of new technology in developing countries**, Londres, Frances Printer, 1982.

DANTAS, E.; FIGUEIREDO, P. The Evolution of the Knowledge Accumulation Function in the Formation of the Brazilian Biofuels Innovation System. **VII GLOBELICS Conference**, Dakar, 2009.

DOSI, G.; NELSON, R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Evolutionary Economics**, no. 4, 1994.

ELABORA CONSULTORIA. **Nota Técnica: Matérias-primas renováveis e química verde**. Versão para discussão, 2009. Disponível em <http://www.elaboraconsultoria.com.br/index2.asp> (Acesso em 30/12/2009).

ENGEN, O.A.H. The Development of the Norwegian Petroleum Innovation System: a Historical Overview. **TIK Working Paper on Innovation Studies**, no. 20070605, 2007. Disponível em <http://www.tik.uio.no/InnoWP/EngenTIKpaper%20WPready.pdf> (acesso em 27/05/2009).

ERBER, F. S. O padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico e o futuro da indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**, UFRJ, vol.5, edição especial, 2000.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M.; VESPARGEN, B. Innovation systems, path-dependency and policy: the co-evolution of science, technology and innovation policy and industrial structure in a Small resource-based economy. **PRIME Conference**, Mexico City, 2008.

FAJNZYLBER, R.F. **La industrializacion trunca de América Latina**, Editora Nueva Imagem, México, 1983.

FAVA NEVES, M.; CONEJERO, M.A. **Estratégias para a Cana no Brasil – Um negócio de classe mundial**. Editor Atlas, São Paulo, 2010.

FERRANTI, D.G.; PERRY, G.E.; LEDERMAN, D.; MALONEY, W. **From natural resources to the knowledge economy**. Word Bank Latin America and Caribbean Studies. Washington D.C., World Bank, 2002.

FERRAZ, J. C.; KUPFER, D. HAGUENAUER, L. **Made in Brazil – desafios competitivos para a indústria**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1996.

FINISH FORESTRY INDUSTRIES FEDERATION. **Statistics**, 2010. Disponível em <http://www.forestindustries.fi/tilastopalvelu/Tilastokuviot/Basics/Forms/AllItems.aspx> (acesso em 16/04/2010).

FONSECA, M.G.; COSTA, C.M. **Estrutura industrial e mudança tecnológica na economia sucroalcooleira**. Presentation, 2008. Disponível em <http://www.ie.ufrj.br/infosucro/estudos.php> (Acesso em 30/12/2009).

FONSECA, M.G.; SILVEIRA, J.M.; COSTA, C.; ROSÁRIO, F.; NEVES, R. A dinâmica agroindustrial e tecnológica da agroindústria brasileira sob a ótica de sistemas de inovação: grãos e cana-de-açúcar, **Workshop BRICS**, 2007.

FORAY, D. **Economics of knowledge**. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2004.

FORAY, D.; DAVID, P.; HALL, B. Smart specialization: the concept. **Knowledge Economists Policy Brief**, no. 9, 2009.

FREEMAN, C. **Economics of Industrial Innovation**, Penguin, Middlesex, 1974.

FREEMAN, C.; SOETE, L. Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past. **Research Policy**, no.38, p.583-589, 2009.

FUCHSLOCHER, C.T. Understanding the development of technology-intensive suppliers in resource-based developing countries. **Research Policy**, no. 39, p.268-277, 2010.

FURTADO, A. (coord). Estudo da cadeia produtiva aeronáutica brasileira. **Relatório Final**, DPCT/Unicamp, 2009, mimeo.

FURTADO, A.; CORTEZ, L.A.; SCANDIFFIO, M. O sistema de inovação da agroindústria canavieira brasileira. **VI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético**, Salvador, 2008.

FURTADO, A.; QUADROS, R. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira – um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, vol.19, no.1, 2005.

FURTADO, J. Muito além da especialização regressiva e da doença holandesa. Oportunidades para o desenvolvimento brasileiro. **Novos Estudos CEBRAP**, no. 08, 2008.

GIULIANI, E. The wine industry: persistence of tacit knowledge or increased codification? Some implications for *catching-up* countries. **International Journal Technology and Globalisation**, vol.3, no. 2/3, 2007.

GOLDEMBERG, J. In: In: Cortez, L.A.B (coord). **Bioetanol de cana-de-açúcar – P&D para produtividade e sustentabilidade**. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

GRUPP, H. Critical comments on the ‘moral economy of technology indicators’. In: Hirsch-Kreisen, H.; Jacobson, D. **Innovation in Low-Tech Firms and Industries**. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2008.

GUIMARÃES, A.P. O complexo agroindustrial como etapa e via de desenvolvimento da agricultura. **Revista de Economia Política**, vol. 2/3, julho/setembro, 1982.

GULBRANDSEN, M., NERDRUN, L. Public sector research and industrial innovation in Norway: a historical perspective. **TIK Worling Paper on Innovation Studies**, no. 200706, 2007. Disponível em <http://www.tik.uio.no/InnoWP/historical%20paper%20IPP%20MG%20LN%20WPready.pdf> (acesso em 05/06/2009).

GYLFASON, T. Natural resources, education and economic development. **European Economic Review**, no.45, p. 847-859, 2001.

HAIKIO, M. Nokia – the inside history. **Working Paper**, University of Helsinki, 2002. Disponível em <http://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10224/3567/haikio13-33.pdf?sequence=1> (acesso em 15/07/2010).

HASEGAWA, M. **Avaliação das capacitações e dos spinoffs gerados por programas de P&D: o Programa Cana do IAC**. Tese (doutorado), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas-SP, 2005.

HATZICHRONOGLOU, T. Revision of the High- Technology Sector and Product Classification”, **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, 1997.

HETEMÄKI, L. Creative destruction in Finland’s forest sector. **Prologue**, 2010. Disponível em <http://www.metla.fi/news/creative-destruction.htm> (acesso em 17/04/2010).

HEUM, P. Local content development – experiences from oil and gas activities in Norway. **SNF Working Paper**, 2008.

HIRSCH-KREINSEN, H. Low technology: A forgotten sector in innovation policy. **Journal of Technology Management and Innovation**, vol.3, no.3, p.11-20, 2008.

HIRSCH-KREINSEN, H.; JACOBSON, D. **Innovation in Low-tech Firms and Industries**, Edward Elgar Pub, Cheltenham, 2008.

HIRSCH-KREINSEN, H.; JACOBSON, D.; LAESTADIUS, S.; SMITH, K. **Low-tech Industries and the Knowledge Economy: State of Art and Research Challenges**. STEP REPORT, Centre for Innovation Research, PILOT Project, 2003. Disponível em <http://pilot-project.org/publications/sota2.pdf> (acesso em 18/03/2010).

HIRSCHMAN, A. **Estratégia do desenvolvimento econômico**, Editora Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, 1961.

HUANG, C.; ARUNDEL, A.; HOLLANDERS, H. How firms innovate: R&D, non R&D and technology adoption. **UNU-MERIT Working Papers**, no. 27, 2010.

IEDI/Instituto Talento Brasil. **Estudos sobre o pré-sal**, 2009. Disponível em [http://www.iedi.org.br/admin\\_ori/pdf/20090112\\_pre-sal\\_completo.pdf](http://www.iedi.org.br/admin_ori/pdf/20090112_pre-sal_completo.pdf) (acesso em 07/05/2009).

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)**, Rio de Janeiro, 2000.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)**, Rio de Janeiro, 2003.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)**, Rio de Janeiro, 2005.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)**, Rio de Janeiro, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**, 2006. <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf> (acesso em 13/08/2010).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**, 2008. Disponível em [http://www.iea.org/publications/free\\_new\\_Desc.asp?PUBS\\_ID=1199](http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1199) (acesso em 01/07/2010).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key world energy statistics**, 2009. Disponível em [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key\\_stats\\_2009.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf) (acesso em 13/08/2010).

IPEADATA. **Estatísticas**, 2010. Disponível em [http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=272238794&Tick=1281966907091&VAR\\_FUNCAO=RedirecionaFrameConteudo%28%22iframe\\_dados\\_m.htm%22%29&Mod=M](http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?SessionID=272238794&Tick=1281966907091&VAR_FUNCAO=RedirecionaFrameConteudo%28%22iframe_dados_m.htm%22%29&Mod=M) (acesso em 13/08/2010).

IPT/FIPE. Notas Técnicas Setoriais. **Uma Agenda de Competitividade para a Economia Paulista**, São Paulo, 2008, mimeo.

JENSEN, M.; JOHNSON, B.; LORENZ, E.; LUNDVALL, B.A. Forms of knowledge and modes of innovation. **Research Policy**, no.36, 2007.

JONG, J.; MARSILI, O. The fruit flies of innovations: a taxonomy of innovative small firms. **Research Policy**, no. 35, 2006.

KORDAMENTHA RESEARCH UNIT. **Wine Industry - Industry Vitals**. Publication no. 501, 2005. Disponível em <http://www.kordamentha.com/downloads/ResearchUnit/Publication%20501%20-%20Wine%20Industry%20Vitals%20-%20February%202005.pdf> (acesso em 14/04/2010).

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia Industrial – Fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 2002.

LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: Kim, L.; Nelson, R. (orgs). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Tradução de Carlos D. Szlak, Editora da Unicamp, Campinas-SP, 2005.

LEDERMAN, D., MALONEY, W. **Natural resources, neither curse nor destiny**. Latin American Development Forum, World Bank, Stanford University Press, Washington DC, 2007.

LIBONI, L.; TONETO JR.; R. A indústria de equipamentos para o setor sucroalcooleiro. **1º Workshop do Observatório do Setor Sucroalcooleiro**, Observatório do Setor Sucroalcooleiro, Ribeirão Preto-SP, abril/2008, mimeo.

LORENTZEN, J. **Resource intensity knowledge and development: insights from Africa and South America**. HSRC Press, South Africa, 2008.



LUNDVALL, B. A. **Product Innovation and User-Producer Interaction**, Aalborg University Press, Aalborg, 1985. Disponível em <http://vbn.aau.dk/files/7556474/user-producer.pdf> (acesso em 10/11/2011).

LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation – towards a theory of innovation and interactive learning**, Londres, Pinter Publishers, 1992.

LUNDVALL, B. A. Why the New Economy is a Learning Economy. **DRUID Working Papers** 04-01, DRUID, Copenhagen Business School, Department of Industrial Economics and Strategy/Aalborg University, Department of Business Studies, 2004. Disponível em <http://www3.druid.dk/wp/20040001.pdf> (acesso em 20/01/2012).

LUNDVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: Ideias fundadoras, **Revista Brasileira de Inovação**, vol.8, no.1, p.9-34, jan/jun 2009.

MACEDO, I. Situação atual e perspectivas do etanol. **Revista Estudos Avançados**, no. 21, vol.59, 2007.

MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production, **Research Policy**, no.31, p 247-264, 2002.

MALERBA, F. Sectoral systems – how and why innovation differs across sectors. In: Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. USA, Oxford University Press, 2005.

MARIAN, W. Promoting the growth and development of economic linkages arising from mineral-based activities in South-Africa. In: ROBERTS, S.; ERWIN, A. **Sustainable manufacturing? The case of South Africa & Ekurhuleni**, Juta Legal and Academic Publishers, 2006.

MARIOTONI, M. **O desenvolvimento tecnológico do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo (1975-1985)**. Dissertação (mestrado). Engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas-SP, 2004.

MARSH, I.; SHAW, B. **Australia's wine industry: collaboration and learning as causes of competitive success**. Paper, 2000. Disponível em [http://www.strategic-partnership.tsemedia.com/f/wine\\_study.pdf](http://www.strategic-partnership.tsemedia.com/f/wine_study.pdf) (acesso em 31/03/2010).

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO (MAPA). **Anuário Estatístico da Agroenergia**, Brasília/DF, 2009. Disponível em [http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos\\_portal/anuario\\_cana.pdf](http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/anuario_cana.pdf) (acesso em 13/08/2010).

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2010. **Estatísticas**, disponível em [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS\\_DESTILARIAS/USINAS\\_CADASTRADAS/UPS\\_25-06-2010\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS_DESTILARIAS/USINAS_CADASTRADAS/UPS_25-06-2010_0.PDF) (acesso em 02/07/2010).

MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY. **Future Review for the Forest Sector**. Outline of the Forest Council concerning focuses and aims for the forest sector, 2006. Disponível em [http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/5m6LgokFX/MMMjulkaisu2006\\_11b.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/julkaisusarja/5m6LgokFX/MMMjulkaisu2006_11b.pdf) (acesso em 17/04/2010).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Energia em 2009 – dados preliminares**. Disponível em [http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html) (acesso em 01/07/2010).

NASSIF, A. Estrutura e Competitividade da indústria de bens de capital brasileira. **Textos para Discussão BNDES**, no.109, 2007.

NELSON, R. **National Innovation Systems A Comparative Analysis**. Oxford University Press, New York & Oxford, 1993.

NELSON, R. The market economy, and the scientific commons. **Research Policy**, no.33, 2004.

NELSON, R. **As fontes do crescimento econômico**. Tradução de Adriana Gomes de Freitas, Editora da Unicamp, Campinas, 2006.

NUMMINEN, S. **National Innovation Systems: Pilot case study of the knowledge distribution power of Finland**. Report of the first phase of the work for the OECD and for the Ministry of Trade and Industry of Finland. Group for Technology Studies, 1996. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/50/33/2373934.pdf> (acesso em 17/04/2010).

OECD. **Manual de Oslo: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação**. Original de 1997, versão em português, 3ª. edição, 2005. Disponível em [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0026/26032.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0026/26032.pdf) (acesso em 23/02/2011).

OECD. **Frascati Manual: Proposed standard practice for surveys on Research and Experimental Development**, 2002. Disponível em [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0006/6562.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0006/6562.pdf) (acesso em 23/02/2011).

OECD. **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**, OECD Publishing, 2009. Disponível em [http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/sti\\_scoreboard-2009-en](http://www.oecd-ilibrary.org/content/book/sti_scoreboard-2009-en) (acesso em 14/07/2010).

OECD Stat. **Country statistical profiles**, 2009. Disponível em <http://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=23059> (acesso em 10/12/2009).

OECD Innovation Strategy. **Measuring Innovation: a new Perspective**, 2010. Disponível em [http://www.oecd.org/document/22/0,3746,en\\_41462537\\_41454856\\_44979734\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/22/0,3746,en_41462537_41454856_44979734_1_1_1_1,00.html) (acesso em 23/02/2011).

OLALDE, A. Capacitação tecnológica na agroindústria canavieira: o caso da Copersucar. **Dissertação** (mestrado). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas-SP, 1992.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, volume 13, número 6, p.343-373, 1984.

PEDRO, E. **Estratégias para a Organização da Pesquisa em Cana-de-Açúcar: uma Análise de Governança em Sistemas de Inovação**. Tese (doutorado), Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

PEREZ, C. Dinamismo tecnológico e inclusion social em América Latina: uma estratégia e desarrollo productivo baseada em los recursos naturales. **Revista CEPAL**, no.100, abril/2010.

POMPERMAYER, F.M. Modelo norueguês de desenvolvimento da cadeia de fornecedores da indústria de petróleo e sua aplicabilidade ao Brasil. **Radar – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**. IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada), Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infra-estrutura, No. 17, dez/2011.

PRATES, D. A alta recente dos preços das *commodities*. **Revista de Economia Política**, vol. 27, no. 3 (107), p. 323-344, 2007.

RAMOS, J. Una estrategia de desarrollo a partir de los complejos productivos (*clusters*) en torno a los recursos naturales, **Revista de la CEPAL** (Comissão Econômica para América Latina e Caribe), 1998.

RESENDE, M.F.; ANDERSON, P. Mudanças Estruturais na indústria brasileira de Bens de Capital. **Texto para Discussão IPEA**, no. 658, 1999.

Revista FAPESP, vários números.

REVISTA VALOR ECONÔMICO, edições especiais, vários números.

ROSARIO, F. J. **Competitividade e transformações estruturais na agroindústria sucroalcooleira: uma análise sob a ótica dos sistemas setoriais de inovações**. Tese (doutorado), Instituto de Economia, UFRJ, 2008.

ROSENBERG, N. Technological change in the machine tool industry, 1840-1910. **The Journal of Economic History**, vol. 23, no.04, 1963.

ROUVINEN, P.; YLA-ANTTILA, P. **Case study: Little Finland's transformation to a Wireless Giant**. Chapter 5, 2003. Disponível em <http://brie.berkeley.edu/research/innovation/Pekka%20and%20Petri.pdf.pdf> (Acesso em 08/10/2011).

RUAS, J. A. G. A indústria de petróleo e gás natural: transformações contemporâneas e políticas para desenvolvimento no Estado de São Paulo. Estudo Uma Agenda de Competitividade para a Indústria Paulistas, **Nota Técnica Setorial**, IPT/FIPE, 2008.

SACHS, J.; WARNER, A. Natural resource abundance and economic growth. **National Bureau of Economic Research Working Paper Series**, Working Paper 5398, Cambridge, MA, 1995.

SACHS, J.; WARNER, A. Natural resource abundance and economic development – The curse of natural resources. **European Economic Review**, no.45, p.827-838, 2001.

SANDVEN, T.; SMITH, K.; KALOUDIS, A. Structural Change, growth and innovation: the roles of medium and low tech industries, 1980-2000. In: **Low-tech Innovation in the Knowledge Economy**, Frankfurt, Germany, 2005. Disponível em <http://eprints.utas.edu.au/1424> (Acesso em 07/04/2008).

SANTAMARIA, L.; NIETO, M.; BARGE-GIL, A. Beyond formal R&D: taking advantage of other sources of innovation in LMT industries. **Research Policy**, vol.38, no. 3, 2009.

SCANDIFFIO, M. **Análise Prospectiva do Álcool Combustível no Brasil - Cenários 2004-2024**. Tese (doutorado), Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas-SP, 2005.

SCHIENSTOCK, G. **Embracing the knowledge economy – The dynamic transformation of the Finnish Innovation System**. Edward Elgar Publishing, UK, 2004.

SCHIENSTOCK, G. From Path Dependency to Path Creation. Finland on its Way to the Knowledge-Based Economy. **Current Sociology**, vol.55, no.1, p. 92–109, 2007.

SCOTT-KEMMIS, D.; HOLMÉN, M.; BALAGUER, A.; DALITZ, R.; BRYANT, K.; JONES, A.; MATTHEWS, J. **No Simple Solutions – How sectoral systems can be transformed**. Key Findings from Australian Innovations Systems (AUSIS) Project, 2005. Disponível em <http://www.ausicom.com/filelib/PDF/ResearchLibrary/No%20Simple%20Solutions.pdf> (acesso em 14/04/2010).

SMITH, K. What is knowledge economy? Knowledge intensive industries and distributed knowledge bases. **Paper**, Project “Innovation Policy in a Knowledge based economy”, 2000. Disponível em [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/innovation-policy/studies/studies\\_knowledge\\_based\\_economy\\_wp4.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/innovation-policy/studies/studies_knowledge_based_economy_wp4.pdf) (acesso em 07/04/2010)

SMITH, K. Measuring innovation. In. Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press, EUA, 2005.

SMITH, K.; JONATHAN, W. **Australian’s innovations challenges – the key issues**, 2005. Disponível em [http://www.airc.net.au/extras/777.Aust\\_Innovation\\_Challenges\\_Smith\\_West.pdf](http://www.airc.net.au/extras/777.Aust_Innovation_Challenges_Smith_West.pdf) (acesso em 30/06/2010).

SMITH, K.; MARSH, I. Wine and economic development: technological and corporate change in the Australian wine industry. **International Journal Technology and Globalisation**, vol. 3, nos. 2/3, 2007.

SOUZA, T.L.; HASENCLEVER, L. The Brazilian System of Innovation for Ethanol Fuel: an Essay on the Strategic Role of the Standardization Process. **VI Globelics Conference**, Mexico City, 2008.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Tradução de José Emílio Maiorino (original de 1997). Editora da UNICAMP, Campinas, 2005.

STRACHMAN, E.; PUPIN, G.M. El sector brasileno del azúcar y el alcohol: evolución, cadena productiva e innovaciones. **Revista CEPAL**, no. 103, abril/2011.

STRATEGY 2025. Disponível em [http://www.winebiz.com.au/statistics/strategy2025/2025\\_2.asp](http://www.winebiz.com.au/statistics/strategy2025/2025_2.asp) (acesso em 10/04/2010).

The Australian and New Zealand Wine Industry Directory. **Statistics**, 2010. Disponível em [http://www.winebiz.com.au/statistics/wineries\\_established.asp](http://www.winebiz.com.au/statistics/wineries_established.asp) (acesso em 10/04/2010)

TONETO JR.; R.; LIBONI, L. **Nota técnica - setor sucroalcooleiro. Uma agenda de competitividade para a indústria paulista**. IPT/Fipe, São Paulo-SP, 2008.

TONETO JR. R.; PALOMINO, J.; LIBONI, L. **Uma agenda de competitividade para a indústria paulista**. Nota técnica – Setor Sucroalcooleiro. São Paulo, FIPE/IPT, 2008, mimeo.

TUNZELMAN, N.V.; ACHA, V. Innovation in “low-tech” industries. In. Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press, EUA, 2005.

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). **Trade and development Report, 2002 – export dynamism and industrialization in developing countries**. Nova York/Geneva, 2002.

VALOR ECONÔMICO, vários números.

VARRICHIO, P.C.; QUEIROZ, S.R.R. Innovation and Knowledge production in traditional sectors: the Brazilian bioethanol cane. **DRUID-DIME Academy Winter 2010 PhD Conference**, 2010, Aalborg. Druid-Dime Academy Winter 2010 PhD Conference, 2010.

VELHO, L.; VELHO, P. The development of a sugar-based plastic in Brazil. In: Lorentzen, J. **Resource intensity knowledge and development: insights from Africa and South America**. HSRC Press, South Africa, 2008.

VERMUN, R. A indústria de Bens de Capital seriados. **Documento Técnico**, Convênio CEPAL/IPEA, 2003. Disponível em <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/21524/LCBRS147RobertoVermulm.pdf> (acesso em 12/04/2011).

WALTER, M. Promoting the growth and development of economic linkages arising from mineral-based activities in South Africa. In: Roberts, S. **Sustainable manufacturing? The case of South Africa and Ekurhuleni**. Juta & Co, Cape Town, South Africa, 2006.





## ANEXOS

|                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p align="center"><b>ANEXO I. INFORMAÇÕES SOBRE AS CLASSIFICAÇÕES DE INTENSIDADE TECNOLÓGICA E<br/>EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE SUCESSO ANALISADAS</b></p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Quadro 1. Atividades econômicas: setores segundo a ISIC e intensidade tecnológica segundo a OECD

| Intensidade<br>Tecnológica<br>(OECD) | Setores de Atividade Econômica                                    | Código (ISIC)       |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Alta                                 | Farmacêutico                                                      | ISIC 2423           |
|                                      | Aeroespacial                                                      | -                   |
|                                      | Informática                                                       | ISIC 30             |
|                                      | Eletrônica e telecomunicações                                     | ISIC 32             |
|                                      | Instrumentos médicos, óticos e de precisão                        | ISIC 33             |
| Média-alta                           | Material elétrico                                                 | ISIC 31             |
|                                      | Veículos automotores                                              | ISIC 34             |
|                                      | Química (exclui-se farmacêutico)                                  | ISIC 24 – ISIC 2423 |
|                                      | Ferroviário e equipamentos de transporte                          | ISIC 352 + ISIC 359 |
|                                      | Máquinas e equipamentos                                           | ISIC 29             |
| Média-baixa                          | Coque, produtos refinados de petróleo e de combustíveis nucleares | ISIC 23             |
|                                      | Borracha e produtos plásticos                                     | ISIC 25             |
|                                      | Outros produtos não metálicos                                     | ISIC 26             |
|                                      | Metalurgia básica e produtos metálicos                            | ISIC 27-28          |
|                                      | Construção naval                                                  | ISIC 351            |
| Baixa                                | Alimentos, bebidas e fumo                                         | ISIC 15-16          |
|                                      | Papel e celulose                                                  | ISIC 20             |
|                                      | Outros setores e de reciclagem, madeira, papel e celulose         | ISIC 21-22          |
|                                      | Têxtil e de confecção, couro e calçados                           | ISIC 17-19          |
|                                      | Outros setores de reciclagem, madeira, papel e celulose           | ISIC 36-37          |

Fonte: Elaboração da autora a partir de OECD (2009).

Tabela 1. A indústria de vinho Australiana: alguns indicadores de competitividade

| Produção e Exportações                                                |                      | 1975-79 | 1980-84 | 1985-89 | 1990-94 | 1995-99 | 2000    | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volume de vinho -<br>Produção ('000hl)                                | <i>França</i>        | 66.614  | 67.453  | 66.088  | 56.309  | 57.925  | 60.190  | 55.383  | 56.388  | 47.500  | 58.500  |
|                                                                       | <i>Itália</i>        | 71.276  | 76.787  | 67.470  | 61.058  | 56.233  | 57.044  | 53.677  | 45.703  | 44.000  | 53.000  |
|                                                                       | <i>Austrália</i>     | 3.535   | 3.993   | 4.391   | 4.693   | 6.790   | 8.592   | 10.765  | 12.204  | 10.860  | 14.712  |
|                                                                       | <i>Chile</i>         | 5.399   | 7.085   | 4.007   | 3.44    | 4.605   | 6.674   | 5.652   | 7.091   | 6.870   | 7.532   |
|                                                                       | <i>África do Sul</i> | n.d.    | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 8.327   | 7.620   | 7.610   | 8.342   | 9.560   | 10.157  |
|                                                                       | <i>Mundo</i>         | 318.335 | 340.628 | 302.887 | 270.274 | 282.708 | 307.267 | 288.558 | 283.801 | 288.451 | 316.892 |
|                                                                       |                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Volume de vinho -<br>Exportações<br>( '000hl)                         | <i>França</i>        | 7.196   | 9.662   | 12.905  | 12.569  | 15.628  | 16.620  | 17.179  | 16.345  | 15.934  | 14.724  |
|                                                                       | <i>Itália</i>        | 13.238  | 16.419  | 12.738  | 12.404  | 17.997  | 19.378  | 16.676  | 16.469  | 13.451  | 14.148  |
|                                                                       | <i>Austrália</i>     | 55      | 78      | 266     | 968     | 1.785   | 3.170   | 3.750   | 4.710   | 5.242   | 6.426   |
|                                                                       | <i>Chile</i>         | 124     | 138     | 174     | 789     | 1.982   | 2.770   | 3.051   | 3.451   | 3.953   | 4.746   |
|                                                                       | <i>África do Sul</i> | n.d.    | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 1.050   | 1.399   | 1.734   | 2.249   | 3.524   | 2.954   |
|                                                                       | <i>Mundo</i>         | 41.839  | 48.046  | 44.773  | 47.203  | 85.282  | 88.730  | 89.018  | 70.848  | 76.348  | 78.392  |
|                                                                       |                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Valor das<br>Exportações de<br>vinho (US\$<br>milhões)                | <i>França</i>        | 1.070   | 1.608   | 2.950   | 4.077   | 5.336   | 5.166   | 4.787   | 5.391   | 6.609   | 6.878   |
|                                                                       | <i>Itália</i>        | 553     | 787     | 954     | 1.488   | 2.396   | 2.356   | 2.339   | 2.608   | 3.030   | 3.542   |
|                                                                       | <i>Austrália</i>     | 7       | 13      | 49      | 214     | 513     | 860     | 911     | 1.224   | 1.550   | 2.018   |
|                                                                       | <i>Chile</i>         | 10      | 13      | 16      | 72      | 382     | 585     | 641     | 599     | 730     | 896     |
|                                                                       | <i>África do Sul</i> | n.d.    | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 189     | 242     | 241     | 307     | 414     | 535     |
|                                                                       | <i>Mundo</i>         | 2.924   | 4.070   | 6.868   | 8.362   | 12.784  | 12.997  | 12.787  | 14.099  | 17.043  | 19.585  |
|                                                                       |                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Participação nas<br>exportações<br>mundiais de vinho<br>em volume (%) | <i>França</i>        | 17,2    | 20,1    | 28,8    | 26,60   | 23,90   | 24,20   | 24,90   | 23,10   | 21,10   | 18,50   |
|                                                                       | <i>Itália</i>        | 31,6    | 34,2    | 28,5    | 26,30   | 27,70   | 28,20   | 24,20   | 23,20   | 17,90   | 17,80   |
|                                                                       | <i>Austrália</i>     | 0,1     | 0,2     | 0,6     | 2,10    | 2,70    | 4,50    | 5,40    | 6,60    | 7,00    | 8,10    |
|                                                                       | <i>Chile</i>         | 0,3     | 0,3     | 0,4     | 1,70    | 3,00    | 4,00    | 4,40    | 4,90    | 5,20    | 6,00    |
|                                                                       | <i>África do Sul</i> | n.d.    | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 1,60    | 2,00    | 2,50    | 3,20    | 4,70    | 3,70    |
|                                                                       | <i>Mundo</i>         | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     | 100     |
|                                                                       |                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Valor da Unidade<br>de vinho exportada<br>(US\$/litro)                | <i>França</i>        | 1,49    | 1,66    | 2,29    | 3,24    | 3,43    | 3,11    | 2,79    | 3,30    | 4,15    | 4,67    |
|                                                                       | <i>Itália</i>        | 0,42    | 0,48    | 0,75    | 1,2     | 1,34    | 1,22    | 1,40    | 1,58    | 2,25    | 2,50    |
|                                                                       | <i>Austrália</i>     | 1,22    | 1,7     | 1,85    | 2,21    | 2,85    | 2,77    | 2,43    | 2,60    | 2,96    | 3,14    |
|                                                                       | <i>Chile</i>         | 0,79    | 0,95    | 0,95    | 0,91    | 1,87    | 2,11    | 2,10    | 1,73    | 1,85    | 1,89    |
|                                                                       | <i>África do Sul</i> | n.d.    | n.d.    | n.d.    | n.d.    | 1,85    | 1,73    | 1,39    | 1,36    | 1,17    | 1,81    |
|                                                                       | <i>Mundo</i>         | 0,7     | 0,86    | 1,31    | 1,77    | 1,96    | 1,89    | 1,85    | 1,99    | 2,28    | 2,47    |
|                                                                       |                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

Fonte: Anderson e Norman (2006) disponível em Giuliani (2007).

## ANEXO II. DADOS ADICIONAIS SOBRE AS ATIVIDADES DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Tabela 1. Exportações brasileiras dos Setores Industriais por Intensidade Tecnológica (\*)  
1996 a 2008 - US\$ milhões FOB

| Setores                                                 | 1996          |              | 1997          |              | 1998          |              | 1999          |              | 2000          |              | 2001          |              | 2002          |              | 2003          |              | 2004          |              | 2005           |              | 2006           |              | 2007           |              | 2008           |              | 2009           |              |
|---------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
|                                                         | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor         | Part. %      | Valor          | Part. %      | Valor          | Part. %      | Valor          | Part. %      | Valor          | Part. %      | Valor          | Part. %      |
| <b>Total</b>                                            | <b>47.747</b> | <b>100,0</b> | <b>52.994</b> | <b>100,0</b> | <b>51.140</b> | <b>100,0</b> | <b>48.011</b> | <b>100,0</b> | <b>55.086</b> | <b>100,0</b> | <b>58.223</b> | <b>100,0</b> | <b>60.362</b> | <b>100,0</b> | <b>73.084</b> | <b>100,0</b> | <b>96.475</b> | <b>100,0</b> | <b>118.308</b> | <b>100,0</b> | <b>137.470</b> | <b>100,0</b> | <b>160.649</b> | <b>100,0</b> | <b>197.942</b> | <b>100,0</b> | <b>152.995</b> | <b>100,0</b> |
| <b>Produtos industriais (*)</b>                         | <b>39.923</b> | <b>83,6</b>  | <b>42.590</b> | <b>80,4</b>  | <b>41.217</b> | <b>80,6</b>  | <b>39.288</b> | <b>81,8</b>  | <b>45.968</b> | <b>83,4</b>  | <b>47.748</b> | <b>82,0</b>  | <b>48.652</b> | <b>80,6</b>  | <b>58.504</b> | <b>80,1</b>  | <b>77.137</b> | <b>80,0</b>  | <b>94.016</b>  | <b>79,5</b>  | <b>107.320</b> | <b>78,1</b>  | <b>121.908</b> | <b>75,9</b>  | <b>141.890</b> | <b>71,7</b>  | <b>104.608</b> | <b>68,4</b>  |
| <b>Indústria de alta e média-alta tecnologia (I+II)</b> | <b>12.939</b> | <b>27,1</b>  | <b>15.743</b> | <b>29,7</b>  | <b>16.217</b> | <b>31,7</b>  | <b>15.001</b> | <b>31,2</b>  | <b>19.589</b> | <b>35,6</b>  | <b>19.300</b> | <b>33,1</b>  | <b>18.870</b> | <b>31,3</b>  | <b>21.829</b> | <b>29,9</b>  | <b>28.905</b> | <b>30,0</b>  | <b>37.669</b>  | <b>31,8</b>  | <b>41.768</b>  | <b>30,4</b>  | <b>46.760</b>  | <b>29,1</b>  | <b>51.630</b>  | <b>26,1</b>  | <b>36.254</b>  | <b>23,7</b>  |
| <b>Indústria de alta tecnologia (I)</b>                 | <b>2.042</b>  | <b>4,3</b>   | <b>2.628</b>  | <b>5,0</b>   | <b>3.240</b>  | <b>6,3</b>   | <b>4.126</b>  | <b>8,6</b>   | <b>6.838</b>  | <b>12,4</b>  | <b>6.982</b>  | <b>12,0</b>  | <b>5.935</b>  | <b>9,8</b>   | <b>5.135</b>  | <b>7,0</b>   | <b>6.610</b>  | <b>6,9</b>   | <b>8.757</b>   | <b>7,4</b>   | <b>9.364</b>   | <b>6,8</b>   | <b>10.241</b>  | <b>6,4</b>   | <b>11.507</b>  | <b>5,8</b>   | <b>9.048</b>   | <b>5,9</b>   |
| Aeronáutica e aeroespacial                              | 554           | 1,2          | 881           | 1,7          | 1.423         | 2,8          | 1.962         | 4,1          | 3.681         | 6,7          | 3.709         | 6,4          | 2.835         | 4,7          | 2.107         | 2,9          | 3.478         | 3,6          | 3.699          | 3,1          | 3.741          | 2,7          | 5.204          | 3,2          | 6.064          | 3,1          | 4.536          | 3,0          |
| Farmacêutica                                            | 324           | 0,7          | 392           | 0,7          | 404           | 0,8          | 436           | 0,9          | 403           | 0,7          | 425           | 0,7          | 440           | 0,7          | 476           | 0,7          | 590           | 0,6          | 725            | 0,6          | 905            | 0,7          | 1.134          | 0,7          | 1.482          | 0,7          | 1.550          | 1,0          |
| Material de escritório e informática                    | 354           | 0,7          | 343           | 0,6          | 353           | 0,7          | 472           | 1,0          | 490           | 0,9          | 395           | 0,7          | 236           | 0,4          | 271           | 0,4          | 334           | 0,3          | 478            | 0,4          | 496            | 0,4          | 273            | 0,2          | 235            | 0,1          | 203            | 0,1          |
| Equipamentos de rádio, TV e comunicação                 | 623           | 1,3          | 788           | 1,5          | 788           | 1,5          | 937           | 2,0          | 1.904         | 3,5          | 2.075         | 3,6          | 2.079         | 3,4          | 1.949         | 2,7          | 1.789         | 1,9          | 3.332          | 2,8          | 3.579          | 2,6          | 2.863          | 1,8          | 2.871          | 1,5          | 2.045          | 1,3          |
| Instrumentos médicos de ótica e precisão                | 187           | 0,4          | 223           | 0,4          | 272           | 0,5          | 321           | 0,7          | 361           | 0,7          | 379           | 0,7          | 345           | 0,6          | 332           | 0,5          | 421           | 0,4          | 523            | 0,4          | 643            | 0,5          | 767            | 0,5          | 854            | 0,4          | 714            | 0,5          |
| <b>Indústria de média-alta tecnologia (II)</b>          | <b>10.897</b> | <b>22,8</b>  | <b>13.115</b> | <b>24,7</b>  | <b>12.977</b> | <b>25,4</b>  | <b>10.874</b> | <b>22,6</b>  | <b>12.751</b> | <b>23,1</b>  | <b>12.317</b> | <b>21,2</b>  | <b>12.935</b> | <b>21,4</b>  | <b>16.694</b> | <b>22,8</b>  | <b>22.295</b> | <b>23,1</b>  | <b>28.912</b>  | <b>24,4</b>  | <b>32.403</b>  | <b>23,6</b>  | <b>36.519</b>  | <b>22,7</b>  | <b>40.123</b>  | <b>20,3</b>  | <b>27.206</b>  | <b>17,8</b>  |
| Máquinas e equipamentos elétricos n. e.                 | 841           | 1,8          | 868           | 1,6          | 813           | 1,6          | 766           | 1,6          | 928           | 1,7          | 1.011         | 1,7          | 936           | 1,6          | 1.113         | 1,5          | 1.418         | 1,5          | 1.953          | 1,7          | 2.618          | 1,9          | 3.200          | 2,0          | 3.777          | 1,9          | 2.997          | 2,0          |
| Veículos automotores, reboques e semi-reboques          | 3.874         | 8,1          | 5.507         | 10,4         | 5.904         | 11,5         | 4.494         | 9,4          | 5.349         | 9,7          | 5.360         | 9,2          | 5.530         | 9,2          | 7.262         | 9,9          | 9.634         | 10,0         | 12.992         | 11,0         | 14.371         | 10,5         | 15.009         | 9,3          | 16.293         | 8,2          | 9.351          | 6,1          |
| Produtos químicos, excl. farmacêuticos                  | 3.013         | 6,3          | 3.234         | 6,1          | 2.995         | 5,9          | 2.779         | 5,8          | 3.331         | 6,0          | 2.851         | 4,9          | 3.147         | 5,2          | 3.930         | 5,4          | 4.817         | 5,0          | 5.984          | 5,1          | 6.800          | 4,9          | 8.181          | 5,1          | 8.772          | 4,4          | 7.536          | 4,9          |
| Equipamentos para ferrovia e material de transporte     | 59            | 0,1          | 58            | 0,1          | 75            | 0,1          | 74            | 0,2          | 117           | 0,2          | 124           | 0,2          | 130           | 0,2          | 199           | 0,3          | 289           | 0,3          | 560            | 0,5          | 532            | 0,4          | 578            | 0,4          | 496            | 0,3          | 346            | 0,2          |
| Máquinas e equipamentos mecânicos n. e.                 | 3.111         | 6,5          | 3.448         | 6,5          | 3.191         | 6,2          | 2.761         | 5,7          | 3.026         | 5,5          | 2.972         | 5,1          | 3.193         | 5,3          | 4.190         | 5,7          | 6.136         | 6,4          | 7.424          | 6,3          | 8.082          | 5,9          | 9.550          | 5,9          | 10.785         | 5,4          | 6.976          | 4,6          |
| <b>Indústria de média-baixa tecnologia (III)</b>        | <b>9.807</b>  | <b>20,5</b>  | <b>9.756</b>  | <b>18,4</b>  | <b>8.846</b>  | <b>17,3</b>  | <b>8.511</b>  | <b>17,7</b>  | <b>10.227</b> | <b>18,6</b>  | <b>9.985</b>  | <b>17,1</b>  | <b>10.650</b> | <b>17,6</b>  | <b>13.394</b> | <b>18,3</b>  | <b>18.847</b> | <b>19,5</b>  | <b>22.741</b>  | <b>19,2</b>  | <b>27.252</b>  | <b>19,8</b>  | <b>31.599</b>  | <b>19,7</b>  | <b>38.870</b>  | <b>19,6</b>  | <b>24.715</b>  | <b>16,2</b>  |
| Construção e reparação naval                            | 186           | 0,4          | 193           | 0,4          | 131           | 0,3          | 12            | 0,0          | 7             | 0,0          | 38            | 0,1          | 9             | 0,0          | 8             | 0,0          | 1.265         | 1,3          | 194            | 0,2          | 30             | 0,0          | 724            | 0,5          | 1.541          | 0,8          | 119            | 0,1          |
| Borracha e produtos plásticos                           | 852           | 1,8          | 916           | 1,7          | 907           | 1,8          | 861           | 1,8          | 955           | 1,7          | 941           | 1,6          | 922           | 1,5          | 1.169         | 1,6          | 1.398         | 1,4          | 1.709          | 1,4          | 2.050          | 1,5          | 2.569          | 1,6          | 2.870          | 1,4          | 2.320          | 1,5          |
| Produtos de petróleo refinado e outros combustíveis     | 927           | 1,9          | 971           | 1,8          | 849           | 1,7          | 1.108         | 2,3          | 1.713         | 3,1          | 2.408         | 4,1          | 2.176         | 3,6          | 2.780         | 3,8          | 3.203         | 3,3          | 4.914          | 4,2          | 6.109          | 4,4          | 7.136          | 4,4          | 9.489          | 4,8          | 5.791          | 3,8          |
| Outros produtos minerais não-metálicos                  | 687           | 1,4          | 769           | 1,5          | 759           | 1,5          | 767           | 1,6          | 852           | 1,5          | 814           | 1,4          | 937           | 1,6          | 1.129         | 1,5          | 1.502         | 1,6          | 1.775          | 1,5          | 2.114          | 1,5          | 2.288          | 1,4          | 2.080          | 1,1          | 1.522          | 1,0          |
| Produtos metálicos                                      | 7.157         | 15,0         | 6.906         | 13,0         | 6.199         | 12,1         | 5.762         | 12,0         | 6.699         | 12,2         | 5.784         | 9,9          | 6.605         | 10,9         | 8.307         | 11,4         | 11.479        | 11,9         | 14.149         | 12,0         | 16.949         | 12,3         | 18.882         | 11,8         | 22.891         | 11,6         | 14.963         | 9,8          |
| <b>Indústria de baixa tecnologia (IV)</b>               | <b>17.176</b> | <b>36,0</b>  | <b>17.091</b> | <b>32,3</b>  | <b>16.154</b> | <b>31,6</b>  | <b>15.775</b> | <b>32,9</b>  | <b>16.152</b> | <b>29,3</b>  | <b>18.464</b> | <b>31,7</b>  | <b>19.132</b> | <b>31,7</b>  | <b>23.281</b> | <b>31,9</b>  | <b>29.384</b> | <b>30,5</b>  | <b>33.606</b>  | <b>28,4</b>  | <b>38.300</b>  | <b>27,9</b>  | <b>43.549</b>  | <b>27,1</b>  | <b>51.389</b>  | <b>26,0</b>  | <b>43.639</b>  | <b>28,5</b>  |
| Produtos manufaturados n.e. e bens reciclados           | 697           | 1,5          | 780           | 1,5          | 719           | 1,4          | 747           | 1,6          | 884           | 1,6          | 906           | 1,6          | 910           | 1,5          | 1.038         | 1,4          | 1.422         | 1,5          | 1.516          | 1,3          | 1.558          | 1,1          | 1.718          | 1,1          | 1.759          | 0,9          | 1.326          | 0,9          |
| Madeira e seus produtos, papel e celulose               | 3.003         | 6,3          | 3.194         | 6,0          | 3.075         | 6,0          | 3.549         | 7,4          | 4.040         | 7,3          | 3.701         | 6,4          | 3.837         | 6,4          | 4.960         | 6,8          | 6.003         | 6,2          | 6.503          | 5,5          | 7.232          | 5,3          | 8.125          | 5,1          | 8.651          | 4,4          | 6.722          | 4,4          |
| Alimentos, bebidas e tabaco                             | 9.926         | 20,8         | 9.568         | 18,1         | 9.237         | 18,1         | 8.551         | 17,8         | 7.685         | 14,0         | 10.149        | 17,4         | 10.830        | 17,9         | 13.188        | 18,0         | 17.141        | 17,8         | 20.492         | 17,3         | 23.967         | 17,4         | 27.667         | 17,2         | 35.373         | 17,9         | 31.737         | 20,7         |
| Têxteis, couro e calçados                               | 3.549         | 7,4          | 3.549         | 6,7          | 3.123         | 6,1          | 2.929         | 6,1          | 3.543         | 6,4          | 3.708         | 6,4          | 3.555         | 5,9          | 4.094         | 5,6          | 4.819         | 5,0          | 5.095          | 4,3          | 5.542          | 4,0          | 6.039          | 3,8          | 5.607          | 2,8          | 3.854          | 2,5          |
| <b>Produtos não industriais</b>                         | <b>7.824</b>  | <b>16,4</b>  | <b>10.404</b> | <b>19,6</b>  | <b>9.923</b>  | <b>19,4</b>  | <b>8.724</b>  | <b>18,2</b>  | <b>9.118</b>  | <b>16,6</b>  | <b>10.474</b> | <b>18,0</b>  | <b>11.709</b> | <b>19,4</b>  | <b>14.580</b> | <b>19,9</b>  | <b>19.339</b> | <b>20,0</b>  | <b>24.292</b>  | <b>20,5</b>  | <b>30.150</b>  | <b>21,9</b>  | <b>38.741</b>  | <b>24,1</b>  | <b>56.053</b>  | <b>28,3</b>  | <b>48.387</b>  | <b>31,6</b>  |

(\*) Classificação extraída de: OECD, Directorate for Science, Technology and Industry, STAN Indicators, 2003.

Obs.: n. e. = não especificados nem compreendidos em outra categoria

Fonte: SECEX/MDIC

**Tabela 2**  
**Açúcar e Alcool – Valor da Produção, Valor de Transformação**  
**Industrial, Pessoal Ocupado e Salários**

| <b>SÃO PAULO</b> |            |            |        |              |
|------------------|------------|------------|--------|--------------|
|                  | VP         | VTI        | PO     | W (salários) |
| 1996             | 14.204.842 | 5.242.744  | 68.982 | 1.624.363    |
| 1997             | 14.690.148 | 5.562.016  | 55.258 | 1.340.510    |
| 1998             | 12.785.853 | 4.688.142  | 47.542 | 1.172.855    |
| 1999             | 14.173.426 | 5.685.801  | 39.469 | 905.529      |
| 2000             | 17.386.148 | 6.164.375  | 37.960 | 833.907      |
| 2001             | 20.042.589 | 7.646.302  | 43.528 | 920.314      |
| 2002             | 20.786.916 | 8.248.112  | 61.380 | 1.219.821    |
| 2003             | 20.332.391 | 8.421.238  | 63.827 | 1.336.862    |
| 2004             | 18.334.092 | 7.495.604  | 59.391 | 1.044.752    |
| 2005             | 22.850.395 | 10.153.359 | 64.106 | 1.174.827    |

| <b>BRASIL</b> |            |            |         |              |
|---------------|------------|------------|---------|--------------|
|               | VP         | VTI        | PO      | W (salários) |
| 1996          | 24.519.001 | 10.041.765 | 234.204 | 3.238.114    |
| 1997          | 25.428.295 | 10.322.787 | 205.096 | 2.789.013    |
| 1998          | 21.293.827 | 8.603.354  | 167.751 | 2.400.800    |
| 1999          | 21.783.520 | 9.093.595  | 158.463 | 1.898.852    |
| 2000          | 26.359.458 | 10.358.139 | 162.193 | 1.793.222    |
| 2001          | 30.929.687 | 12.624.966 | 184.286 | 1.955.667    |
| 2002          | 31.814.786 | 13.281.840 | 215.968 | 2.422.877    |
| 2003          | 31.450.366 | 13.560.423 | 256.201 | 2.722.840    |
| 2004          | 28.989.272 | 12.380.137 | 287.702 | 2.859.970    |
| 2005          | 33.812.022 | 15.531.991 | 313.383 | 3.232.168    |

Fonte: PIA/IBGE disponível em Toneto Jr e Liboni, 2008: 70.

Quadro 1. Compatibilização para o agrupamento setorial segundo a intensidade tecnológica de acordo com os dados históricos do VTI do IBGE

| <b>Intensidade Tecnológica (1995-2009)</b>          | <b>VTI setorial (1966-1995)</b>                         | <b>VTI agrupado por intensidade tecnológica</b>         |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Indústria de alta tecnologia</b>                 | Produtos minerais                                       | <b>Alta Tecnologia</b>                                  |
| Aeronáutica e aeroespacial                          | Minerais não-metálicos                                  | Produtos farmacêuticos e medicinais                     |
| Farmacêutica                                        | Metalúrgica                                             | Material elétrico e material de comunicações            |
| Material de escritório e informática                | Mecânica                                                |                                                         |
| Equipamentos de rádio, TV e comunicação             | Material elétrico e material de comunicações            | <b>Média Alta</b>                                       |
| Instrumentos médicos de ótica e precisão            | Material de transporte                                  | Química                                                 |
|                                                     | Madeira                                                 | Material de transporte                                  |
| <b>Indústria de média-alta tecnologia</b>           | Mobiliário                                              | Mecânica                                                |
| Máquinas e equipamentos elétricos                   | Papel e papelão                                         |                                                         |
| Veículos automotores, reboques e semi-reboques      | Borracha                                                | <b>Média Baixa</b>                                      |
| Produtos químicos, excl. farmacêuticos              | Couros e peles e produtos similares                     | Produtos minerais                                       |
| Equipamentos para ferrovia e material de transporte | Química                                                 | Minerais não-metálicos                                  |
| Máquinas e equipamentos mecânicos                   | Produtos farmacêuticos e medicinais                     | Borracha                                                |
|                                                     | Produtos de perfumaria, sabões e velas                  | Produtos de perfumaria, sabões e velas                  |
| <b>Indústria de média-baixa tecnologia</b>          | Produtos de matérias plásticas                          | Produtos de matérias plásticas                          |
| Construção e reparação naval                        | Têxtil                                                  | Metalúrgica                                             |
| Borracha e produtos plásticos                       | Vestuário, calçados e artefatos de tecidos              |                                                         |
| Produtos de petróleo refinado e outros combustíveis | Produtos alimentares                                    | <b>Baixa</b>                                            |
| Outros produtos minerais não-metálicos              | Bebidas                                                 | Têxtil                                                  |
| Produtos metálicos                                  | Fumo                                                    | Vestuário, calçados e artefatos de tecidos              |
|                                                     | Editorial e gráfica                                     | Produtos alimentares                                    |
| <b>Indústria de baixa tecnologia</b>                | Diversas                                                | Bebidas                                                 |
| Produtos manufaturados n.e. e bens reciclados       | Atividades de apoio e de serviços de caráter industrial | Fumo                                                    |
| Madeira e seus produtos, papel e celulose           | Atividades administrativas                              | Couros e peles e produtos similares                     |
| Alimentos, bebidas e tabaco                         |                                                         | Madeira                                                 |
| Têxteis, couro e calçados                           |                                                         | Mobiliário                                              |
|                                                     |                                                         | Papel e papelão                                         |
|                                                     |                                                         | Editorial e gráfica                                     |
|                                                     |                                                         |                                                         |
|                                                     |                                                         | <b>Outros - excluídos do agrupamento</b>                |
|                                                     |                                                         | Diversas                                                |
|                                                     |                                                         | Atividades de apoio e de serviços de caráter industrial |
|                                                     |                                                         | Atividades administrativas                              |

**ANEXO III. LISTA COMPLETA DOS PROJETOS INOVADORES COM APOIO DA FAPESP E DA FINEP**

Quadro 1. Lista dos projetos do setor sucroalcooleiro apoiados pela subvenção econômica da FINEP, entre 2007 e 2009

| Ano         | Empresa                                         | Título                                                                                                                                                                                             | Valor        |
|-------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>2006</b> |                                                 |                                                                                                                                                                                                    |              |
| 1           | NOGUEIRA S/A                                    | ENFARDAMENTO DE PALHIÇO DE CANA DE AÇÚCAR PARA FINS DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA CALDEIRA                                                                                                              | n.d.         |
| 2           | CANA VIALIS S/A                                 | MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA NOVAS FRONTEIRAS E PARA A PRODUÇÃO DE BIOMASSA                                                                                                        | n.d.         |
| 3           | PAM - MEMBRANAS SELETIVAS LTDA                  | EXTRAÇÃO DO ÁLCOOL DO VINHO DA CANA DE AÇÚCAR UTILIZANDO PROCESSO COM MEMBRANA E CONDENSACÃO FRACIONADA                                                                                            | n.d.         |
| 4           | JOSCIL EQUIPAMENTOS PARA CEREAIS LTDA           | SISTEMA DE SECAÇÃO DE BAGAÇO E BRIQUETE DE CANA DE AÇÚCAR PARA REAPROVEITAMENTO EM ENERGIA TÉRMICA                                                                                                 | n.d.         |
| 5           | WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S/A                  | NOVAS LINHAS DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA E SOFTSTARTERS PARA APLICAÇÃO EM USINAS DE ÁLCOOL E BIODIESEL                                                                                             | n.d.         |
| <b>2007</b> |                                                 |                                                                                                                                                                                                    |              |
| 1           | SUZANO PETROQUÍMICA S/A                         | DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PROPENO A PARTIR DA GLICERINA ORIUNDA DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL, VISANDO À OBTENÇÃO DE POLIPROPILENO VERDE                                               | 601.000,00   |
| 2           | ALELLYX S.A                                     | CANA-DE-AÇÚCAR GENETICAMENTE MODIFICADA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL-CELULÓSICO*                                                                                                                      | 9.451.328,39 |
| 3           | MONTANA INDUSTRIA DE MÁQUINAS LTDA              | COLHEITADEIRA DE CANA - PRODUTIVIDADE PARA O PEQUENO PRODUTOR                                                                                                                                      | 4.544.407,50 |
| 4           | AKHENATON MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS LTDA          | TECNOLOGIA DE ULTRA-SOM PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM MINI-USINAS                                                                                                                                  | 509.920,00   |
| 5           | USINA CERRADINHO AÇÚCAR E ÁLCOOL S/A            | OTIMIZAÇÃO DA FERMENTAÇÃO DE SACAROSE PARA A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL                                                                                                              | 562.200,00   |
| 6           | MECTRON - ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO - S/A | DESENVOLVIMENTO DE TURBINA DE 1000 KW PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, INCLUINDO PROCESSOS DE FABRICAÇÃO, OTIMIZAÇÃO DO PROJETO E DA DOCUMENTAÇÃO PARA PRODUÇÃO SERIADA E FABRICAÇÃO DE PRÉ-SÉRIE | 2.103.900,80 |
| 7           | BIOPLUS DESENVOLVIMENTO BIOTECNOLÓGICO          | REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS PARA ARMAZENAMENTO DE BIODIESEL                                                                                                                                       | 468.200,00   |
| 8           | DEDINI S/A INDÚSTRIAS DE BASE                   | DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS INOVADORES PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DO ETANOL POR MEIO DA OTIMIZAÇÃO E MELHORIA DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE ETANOL                                              | 2.550.000,00 |
| 9           | ALUPAR ALUMÍNIO DA PARAIBA IND                  | MINI USINA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL USANDO ENERGIA DE MICROONDAS                                                                                                                                 | 1.560.000,00 |
| 10          | BIOCAPITAL CONSULTORIA EMPRESARIAL E            | GERAÇÃO DE QUEROSENE PARA AVIAÇÃO A PARTIR DE BIOCOMBUSTÍVEIS, BIOMASSA DE ETANOL                                                                                                                  | 7.856.000,00 |

| 2008 |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |
|------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1    | CANA VIALIS S.A.                                             | DESENVOLVIMENTO DE KITS DIAGNÓSTICOS COM MARCADORES MOLECULARES PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DE OUTRAS CULTURAS VISANDO O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE BIOMOLÉCULAS ESPECÍFICAS PARA A CONVERSÃO EM BIOCOMBUSTÍVEIS E OUTRAS FORMAS DE ENERGIA RENOVÁVEL**     | 19.907.800,00 |
| 2    | ALELLYX S.A.                                                 | CANA-DE-AÇÚCAR GENETICAMENTE MODIFICADA PARA A PRODUÇÃO DE POLISSACARÍDEOS COM EFEITOS SOBRE A PÓS-COLHEITA, A MATURAÇÃO E A PRODUTIVIDADE                                                                                                                                   | 5010000       |
| 3    | CETREL S. A. - EMPRESA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL                 | DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS BIOLÓGICOS E TERMOQUÍMICOS PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA PALHA, VINHOTO E BAGAÇO.                                                                                                                                                           | 2.359.650,00  |
| 4    | GASES E EQUIPAMENTOS SILTON LTDA                             | PIROLISE PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BAGAÇO E DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR                                                                                                                                                                          | 1.393.801,94  |
| 5    | BIOCOM BIOCOMBUSTIVEL S/A MS CO                              | UNIDADE MODULAR DE PROCESSAMENTO DE ÓLEOS DE MACAÚBA E PINHÃO MANSO INTEGRADA A UMA MINI-USINA DE BIODIESEL PARA A PRODUÇÃO EM PEQUENA ESCALA                                                                                                                                | 1.357.223,20  |
| 6    | TECBIO - TECNOLOGIAS BIOENERGETICAS LTDA                     | NOVOS SISTEMAS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS                                                                                                                                                                                                                               | 1.317.550,00  |
| 7    | BIOSOL SERVIÇOS E SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL LTDA      | DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO SEQUENCIAL DE BIODIGESTÃO DO VINHOTO E RESÍDUOS SÓLIDOS (PALHA, BAGAÇO) E CULTIVO DE MICROEMPRESA/PEQUENO PORTEALGAS EM FOTOBIOREATORES COM OBJETIVO DE GERAÇÃO DE BIOGÁS, BIOFERTILIZANTES, ENERGIA E REDUÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DO VINHOTO. | 1.754.672,05  |
| 8    | PAM-MEMBRANAS SELETIVAS LTDA                                 | PROCESSAMENTO DO VINHOTO POR MICROEMPRESA/PEQUENO PORTEFILTRAÇÃO, BIORREATOR A MEMBRANA (MBR) E OSMOSE INVERSA VISANDO O REUSO DE ÁGUA PARA APLICAÇÕES SECUNDÁRIAS E A PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ORGÂNICO (FERTILIZANTE) PARA USO NO CAMPO                                     | 1.589.040,00  |
| 9    | DELTAMAQ INDÚSTRIA, COMÉRCIO E TRANSPORTES LTDA              | DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA A COLETA, FRAGMENTAÇÃO E COMPACTAÇÃO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA USO COMO COMBUSTÍVEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA                                                                                                               | 971.520,00    |
| 10   | DIGMOTOR EQUIPAMENTOS ELETRO-MECÂNICOS DIGITA                | REATOR ANAERÓBIO DE ALTA TAXA PARA TRANSFORMAÇÃO DO VINHOTO E GERAÇÃO DE BIOGÁS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA                                                                                                                                        | 1.226.366,40  |
| 11   | GCT BIO S/A MG                                               | CONCENTRAÇÃO DE VINHOTO POR OSMOSE INVERSA E MICROEMPRESA/PEQUENO PORTEFILTRAÇÃO VISANDO PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM REATORES BIOLÓGICOS INTEGRADOS A GERAÇÃO DE ENERGIA, COMERCIALIZAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO E REUSO DA ÁGUA                                                   | 1.524.150,00  |
| 12   | ONDA VERDE AGRO-COMERCIAL S/A                                | PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADOS AO VINHOTO PARA OTIMIZAÇÃO DA CADEIA DO ETANOL                                                                                                                                                                                | 1.298.000,00  |
| 13   | VALE SOLUÇÕES EM ENERGIA S.A.                                | DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA A PLENA POTENCIALIZAÇÃO DA RIQUEZA ENERGÉTICA ASSOCIADA AOS CICLOS DO ETANOL E DO BIO-DIESEL                                                                                                                                                | 11.541.365,00 |
| 14   | VALE SOLUÇÕES EM ENERGIA S.A.                                | DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E DE PROCESSOS DE ENGENHARIA PARA MANEJO DA PALHA E DO VINHOTO NO CICLO DO ETANOL: TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS INDESEJÁVEIS EM ENERGIA ELÉTRICA E MATÉRIA-PRIMA PARA O SETOR DE GÁS***                                                             | 18.688.600,33 |
| 15   | INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS SILTOMAC LTDA             | DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPLETO PARA RECOLHIMENTO, ENFARDAMENTO, TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E DESENFARDAMENTO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA                                                                                                 | 5.240.226,70  |
| 16   | INDUSTRIAL CONVENTOS SA                                      | GASEFICADOR EM LEITO FLUIDIZADO RECIRCULANTE PARA TRANSFORMAÇÃO DA BIOMASSA DA CANA DE AÇÚCAR                                                                                                                                                                                | 1.002.000,00  |
| 17   | BIOSANA RIO SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA                         | IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DO VINHOTO PARA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO SEU DESCARTE E AVALIAÇÃO DO USO DO BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E/OU TÉRMICA                                                                             | 1.002.212,00  |
| 18   | ENALTA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS LTDA | CONTROLADOR DE INJEÇÃO DE NITROGÊNIO EM FLUXO SIMULTANEAMENTE A APLICAÇÃO DE VINHOTO EM CANA-DE-AÇÚCAR COLHIDA SEM DESPALHA A FOGO                                                                                                                                           | 2.683.100,00  |
| 19   | QUADEX TECHNOLOGY COMERCIO E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS | OBTENÇÃO DE ETANOL VIA HIDRÓLISE ÁCIDA ASSISTIDA POR MICROEMPRESA/PEQUENO PORTEONDAS EM INJEÇÃO DE FLUXO (HAAMIF) DE MATERIAL CELULÓSICO E PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE VIA MINERALIZAÇÃO DE VINHOTO POR MICROEMPRESA/PEQUENO PORTEONDAS EM INJEÇÃO DE FLUXO (MVMIF)             | 2.536.300,00  |



|              |                                                    |                                                                                                                                                                  |                       |
|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 20           | LABMAQ DO BRASIL LTDA                              | APROVEITAMENTO DO VINHOTO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO GRANULADO                                                                                                   | 1.726.984,40          |
| 21           | ORIENTA CONSULTORIA ENGENHARIA E NEGÓCIOS LTDA     | PROJETO, INTEGRAÇÃO E OPERAÇÃO DE UMA PLANTA DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR GASEIFICAÇÃO DE BAGAÇO E PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE.     | 1.554.000,00          |
| 22           | HIDROLISIS AVALIAÇÕES ANALÍTICAS E NOVOS PROCESSOS | ENFOQUE NA PALHA - ETANOCONVERSÃO                                                                                                                                | 1.000.000,00          |
| <b>2009</b>  |                                                    |                                                                                                                                                                  |                       |
| 1            | BIOMM S/A                                          | DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO PARA A OBTENÇÃO INDUSTRIAL DE MISTURAS ENZIMÁTICAS CELULOLÍTICAS DESTINADAS A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE BIOMASSA.      | 3.132.506,88          |
| 2            | BIO4 SOLUÇÕES BIOTECNOLÓGICAS LTDA                 | BIO4ZYME - PROCESSO INOVADOR DE PRODUÇÃO DE ENZIMAS AMILOLÍTICAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE FONTE AMILÁCEA                                            | 890.888,60            |
| 3            | PROJEPRO - PROJETOS DE PROCESSAMENTO LTDA          | DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PROCESSO PARA PRODUÇÃO E PURIFICAÇÃO DE BIODIESEL DE MODO CONTÍNUO VIA ROTA ETÍLICA                                                   | 974.127,50            |
| 4            | BRASIL BIO FUELS S.A                               | PROCESSO QUÍMICO E BIOTECNOLÓGICO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL ETANOLICO                                                                                           | 7.405.000,00          |
| 5            | DESIDRATEC - IND. E COM. DE TECNOLOGIA DE          | DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS E PROCESSOS DE TRANSESTERIFICAÇÃO ETANÓLICA ACELERADA, COM SECAGEM CONCOMITANTE DO CATALISADOR E DO BIODIESEL, DE FORMA CONTÍNUA | 597.497,16            |
| 6            | BRASIL BIO FUELS S.A                               | PROCESSO QUÍMICO E BIOTECNOLÓGICO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL ETANOLICO                                                                                           | 7.405.000,00          |
| <b>TOTAL</b> |                                                    |                                                                                                                                                                  |                       |
| <b>43</b>    |                                                    |                                                                                                                                                                  | <b>137.296.538,85</b> |

Fonte: Elaboração da autora a partir dos dados divulgados pela FINEP.

Quadro 2. Lista dos projetos PITE (Programa de Apoio à Pesquisa em parceria para a Inovação Tecnológica) da FAPESP destinados ao setor sucroalcooleiro

| PROGRAMA PITE |                                                                                                                                     |                                                                                                 |                                                                                         |                                    |                     |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | Título                                                                                                                              | Instituição                                                                                     | Empresa                                                                                 | Coordenador                        | Período             | Área de conhecimento | Resumo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1             | Desenvolvimento de marcadores moleculares a partir de ESTs de cana-de-açúcar para seleção de características economicamente         | Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética | Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo              | Anete Pereira de Souza             | 01jul02 até 30set08 | Agronomia            | O projeto de sequenciamento de ESTs (Sugarcane EST Project - Sucest) do programa Genoma FAPESP já identificou cerca de 40 mil clusters que representam os genes de cana-de-açúcar. Os ESTs têm potencial de uso no desenvolvimento de marcadores genéticos. Desse modo, marcadores microsatélites podem ser obtidos a partir de bancos de dados de ESTs, e sondas ESTs podem ser utilizadas em ensaios de RFLP para o mapeamento de QTLs. Tendo em vista os avanços que deverão ser alcançados no melhoramento genético da cana-de-açúcar com a exploração das informações contidas nos bancos de dados de ESTs, a proposta é, a partir dessas sequências, desenvolver marcadores moleculares do tipo RFLP, microsatélites. Pretende-se também desenvolver marcadores específicos para características agronômicas de interesse, via conversão de marcadores RFLPs (hibridizados com sondas ESTs) em marcadores PCR específicos (SCARs e STSs). O desenvolvimento desses marcadores será integrado a um programa de mapeamento de características qualitativas e quantitativas que vem sendo desenvolvido com o emprego de uma população F1, obtida a partir do cruzamento de duas variedades comerciais de cana-de-açúcar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2             | Transcriptoma da cana-de-açúcar                                                                                                     | Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Química                                           | Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (Copersucar) | Glauucia Mendes Souza              | 01jul04 até 31dez08 | Bioquímica           | A produção de açúcar e álcool no Brasil seria largamente beneficiada com a introdução de variedades com maior teor de sacarose e mais resistentes a estresses bióticos e abióticos. O estabelecimento de tais variedades, utilizando-se técnicas de melhoramento genético tradicionais, é demorado. O processo poderia ser acelerado se fossem identificados genes-alvos para a obtenção do melhoramento. O recente sequenciamento de 237 mil ESTs (Expressed Sequence Tags) da cana-de-açúcar oferece a oportunidade de estudar os seus níveis de expressão em larga escala, empregando-se a tecnologia de microarrays de cDNA. A análise do transcriptoma de variedades contrastantes de alto e baixo teor de açúcar, utilizando-se chips de DNA, poderá indicar genes envolvidos com a indução do acúmulo de sacarose ao longo da maturação da planta, apontando o caminho para a manipulação genética dessa gramínea. Além disso, uma análise global do transcriptoma dessa planta submetida a ataques de insetos, a interações com bactérias endofíticas, a estresse hídrico, entre outros fatores, seria extremamente valiosa para o programa de melhoramento. Este projeto pretende utilizar a tecnologia de microarrays de cDNA para a análise dos níveis de 6.528 transcritos em variedades da cana contrastantes para a acumulação de açúcar e submetidas às condições anteriormente mencionadas. O projeto prevê ainda a confecção de membranas de nylon contendo 3 mil clones, que serão disponibilizadas para pesquisadores interessados em analisar a resposta dessa planta a outros fenômenos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3             | Bioprodução de etanol a partir de xilose empregando materiais lignocelulósicos                                                      | Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de Lorena                                 | Oxiten                                                                                  | Inês Conceição Roberto             | 01/ago/07           | Microbiologia        | O aumento das necessidades energéticas a nível mundial, devido a um grande crescimento populacional e econômico, resultou numa grande pressão sobre os recursos naturais do planeta, potencializando a procura de energias renováveis e o desenvolvimento de tecnologias 'ambientalmente limpas'. Nesse sentido, esforços têm sido feitos na tentativa de substituir parcial ou totalmente os combustíveis fósseis por etanol ou outros combustíveis limpos. A utilização de etanol, tanto na mistura com gasolina como puro, constitui um mercado em ascensão, sendo o Brasil o principal produtor mundial de etanol. Neste contexto, o presente projeto da continuidade a uma série de trabalhos de investigação científica no sentido de melhorar e desenvolver a tecnologia de produção de etanol a partir de xilose, por uma via biológica. O presente projeto tem como objetivo principal a maximização da produção de etanol por <i>Pichia stipitis</i> a partir dos hidrolisados de palha de arroz e bagaço de malte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4             | Produção biotecnológica de etanol e xilitol e cristalização da xilose a partir da fração hemicelulósica do bagaço de cana-de-açúcar | Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de Lorena                                 | Oxiten                                                                                  | Maria das Graças de Almeida Felipe | 01/ago/07           | Microbiologia        | Neste projeto pretende-se contribuir para a otimização do aproveitamento econômico do bagaço de cana. Buscar-se-á a produção de etanol a partir da fração hemicelulósica deste subproduto, utilizando processos biotecnológicos. Ademais, o projeto contempla também o desenvolvimento de tecnologias de produção de xilitol e xilose, de forma a tornar mais rentável o processo. Serão determinadas as condições mais adequadas para a hidrólise da fração hemicelulósica do bagaço de cana-de-açúcar em um reator encamisado com aquecimento por vapor direto, procurando se maximizar o rendimento de recuperação de xilose (como monômero) por meio da variação da temperatura de hidrólise, do tempo de residência e da concentração de ácido sulfúrico utilizada. Também será avaliado o efeito da extração prévia do bagaço de cana-de-açúcar com etanol (95%) ou com ciclohexano/etanol (2:1). Nesta etapa, as hidrólises dos bagaços serão realizadas em embolos de 200 mL a 140°C por 20 min, com relação sólido-líquido de (1:10) e concentração de ácido sulfúrico de 100 mg/g. O hidrolisado obtido a partir do bagaço não extraído, do bagaço extraído com etanol e do bagaço extraído com ciclohexano/etanol serão comparados quanto à composição química e fermentabilidade. O hidrolisado hemicelulósico do bagaço de cana selecionado a partir da otimização do processo de hidrólise ácida será utilizado como meio de fermentação para a bioconversão dos açúcares presentes em etanol com a levedura <i>Pichia stipitis</i> CBS5773 e em xilitol com a levedura <i>Candida guilliermondii</i> FT120037. Nesta fase do processo, anterior à utilização do hidrolisado nas fermentações, serão avaliadas a necessidade de destoxificação e suplementação nutricional do hidrolisado obtido, visando-se maximizar a conversão dos açúcares em etanol e xilitol, de forma a contribuir para a ampliação de escala dos processos. Além disto, estudos fisiológicos e enzimáticos de ambas as leveduras serão feitos visando contribuir para esclarecer o metabolismo envolvido nestes bioprocessos de forma a auxiliar na etapa de ampliação de escala. Parte do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana obtido nas condições mais adequadas de hidrólise também será utilizado para a cristalização da xilose presente, visando obter as melhores condições no que diz respeito ao rendimento da cristalização e à pureza dos cristais obtidos. Para a realização dessa fase do projeto será necessário o estudo prévio da cinética de cristalização e da solubilidade da xilose comercial nos solventes selecionados. |

|    |                                                                                                                                 |                                                                                                                           |                       |                                    |                               |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | <b>Desenvolvimento de metodologia analítica e deslignificação organossolve aplicados ao bagaço e a palha de cana-de-açúcar</b>  | Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Química de São Carlos                                                       | Oxígeno               | Antônio Aprigio da Silva Curvelo   | 01/ago/07                     | Química                               | As propostas apresentadas neste pré-projeto foram formuladas a partir da produção científica e da experiência acumuladas em 20 anos dedicados ao estudo de caracterização, deslignificação e produção de derivados a partir de materiais lignocelulósicos, com especial atenção ao bagaço de cana-de-açúcar. O projeto proposto está focado em duas linhas gerais: o estudo da solvência da lignina através das reações de deslignificação e o desenvolvimento de metodologia de análise dos componentes dos materiais lignocelulósicos, em especial aplicados ao bagaço e a palha da cana-de-açúcar. O processo de deslignificação será estudado visando a recuperação das ligninas presentes na cana-de-açúcar e como pré-tratamento visando a hidrólise da fração de polissacarídeos, com especial atenção à produção de açúcares a partir de celulose. Os processos de solvência da lignina serão estudados utilizando-se basicamente três processos: convencional, organossolve e organossolve em conjunto com fluido supercrítico. Como consequência do uso deste último processo, a hidrólise ácida de celulose e hemicelulose também serão estudadas. A técnica que emprega fluidos no estado supercrítico pode permitir a hidrólise de açúcares sem a prévia separação das ligninas presentes na palha e no bagaço da cana-de-açúcar. Os métodos de caracterização de materiais lignocelulósicos existentes foram desenvolvidos e otimizados para madeiras. Devido às características diferenciadas das gramíneas e resíduos agrícolas (em especial do bagaço de cana-de-açúcar brasileiro), o desenvolvimento dos métodos existentes e o estudo de novos métodos de análise, assim como dos processos de deslignificação, específicos para este tipo de material tornam-se imperativos. A não existência de metodologia específica leva a obtenção de resultados inadequados e dificultam tanto o planejamento quanto a interpretação de resultados de diferentes operações empregadas no tratamento destas matérias-primas. |
| 6  | <b>Propriedades e aplicações de materiais lignocelulósicos e de seus componentes</b>                                            | Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Química de São Carlos                                                       | Oxígeno               | Elisabete Frollini                 | 01/ago/07                     | Engenharia de materiais e metalúrgica | Para obtenção de bioetanol, é necessário se obter açúcares fermentáveis a partir dos polissacarídeos presentes (celulose e hemicelulose) nos materiais lignocelulósicos, o que por sua vez exige a separação destes da lignina. Neste sentido, se tem como objetivos da presente proposta: caracterização de materiais lignocelulósicos (e de seus componentes isolados) e celulósicos obtidos de fontes diferentes e, portanto, com diferentes composições e propriedades; estudos abordando interações de lignina com diferentes solventes; avaliação de propriedades de lignina em suspensão e em solução e propriedades de celulose em solução; hidrólise ácida de celuloses obtidas de diferentes fontes, considerando também a presença de hemicelulose, nos casos em que a separação total destes polissacarídeos for dificultada, caracterização dos açúcares obtidos como produto da hidrólise; utilização da lignina obtida como subproduto na preparação de polímeros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7  | <b>Rotas verdes para o propano</b>                                                                                              | Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) / Instituto de Biologia                                                       | Braskem S/A           | Gonçalo Amarante Guimarães Pereira | 01 ago. 2009 até 31 jul. 2012 | Engenharia química                    | Atualmente, o propano é produzido a partir de fontes de carbono fósseis. O presente projeto objetiva desenvolver novas rotas para o propano a partir de fontes renováveis de carbono de baixo custo: as 'rotas verdes'. Para isso, formamos um grupo com especialistas nas áreas de genética molecular, biotecnologia, síntese química, catálise e engenharia química e utilizaremos uma combinação de reações biotecnológicas e químicas. As rotas centrais explorarão a conversão microbiológica do açúcar em glicerol, ácido láctico (AL), ácido propiônico (AP) e etanol e serão desenvolvidos microorganismos capazes de converter o glicero/AL/AP em isopropanol/n-propanol, possivelmente passando por 1,2-propanodiol, e daí em propano, que será removido por borbulhamento. Nas rotas químicas, serão desenvolvidos processos catalíticos a partir da gaseificação de biomassa e subsequente síntese de metanol e dimetil éter. Além disso, algumas das rotas biotecnológicas levam à produção de propanol que pode ser desidratado utilizando catalisadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8  | <b>Açúcares e glicóis a partir da hidrólise e deslignificação de bagaço e palha de</b>                                          | Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de Lorena                                                           | Oxígeno               | Adilson Roberto Gonçalves          | 01/out/08                     | Engenharia química                    | Neste projeto serão avaliadas as bases para a sucro- e alcoolquímica por meio da hidrólise de bagaço e palha de cana-de-açúcar, obtendo-se açúcares como produtos primários. Explosão a vapor, hidrólise ácida suave e irradiações serão empregadas como pré-tratamentos para a ruptura da estrutura lignina-carboidrato e será avaliada a deslignificação por tratamento organossolv e dissolução alcalina da lignina. A hidrogenólise direta de açúcares a glicóis será investigada usando formiato de sódio em condições alcalinas como agente de transferência de hidreto. Uma nova metodologia de análise de materiais lignocelulósicos será estudada, utilizando-se a combinação de técnicas espectroscópicas por infravermelho próximo (FT-NIR) e pirólise analítica acoplada à cromatografia gasosa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 9  | <b>Estudo do processo de hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de açúcares</b>                         | Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo (IPT/SD). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo | Oxígeno               | Alfredo Eduardo Maiorano           | 01/ago/07                     | Engenharia química                    | A indústria química contemporânea obtém mais de 90% da matéria-prima para síntese de moléculas orgânicas a partir do petróleo. A elevação do preço do petróleo a níveis jamais vistos e preocupações com alterações climáticas, refletidas o protocolo de Kyoto, apresentam desafios que esta indústria terá de superar no futuro próximo. A alternativa mais viável neste momento é o uso de matéria-prima renovável, como a biomassa lignocelulósica disponível nos resíduos agrícolas. Nessa direção, o objetivo do presente projeto é estudar a obtenção de açúcares pelo processo de hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com explosão a vapor. Estes açúcares servirão de substratos para a produção de especialidades químicas. Para alcançar o objetivo proposto serão executadas as seguintes etapas: a) estudo do pré-tratamento a explosão a vapor (auto-hidrólise); b) estudo do efeito da deslignificação do bagaço; c) estudo de variáveis de processo na cinética de hidrólise enzimática de bagaço cana-de-açúcar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10 | <b>Processo DHR (Dedini Hidrólise Rápida) - projeto, implantação e operação da unidade de desenvolvimento de processo (UDP)</b> | Centro de Tecnologia da Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (Copersucar)            | Codistil S/A - Dedini | Carlos Eduardo Vaz Rossell         | 01/fev02 até 31/ago07         | Engenharia química                    | O processo DHR (Dedini Hidrólise Rápida), que consiste no projeto, na implantação e na operação de uma unidade de desenvolvimento (UDP), levou à produção de álcool a custos sensivelmente menores do que os atualmente obtidos nas melhores usinas resultando numa significativa contribuição sócioeconômica para o país. A aplicação deste processo, considerado pela Copersucar um verdadeiro breakthrough na indústria sucroalcooleira, permite a produção do álcool a partir do bagaço, liberando a cana para a produção do açúcar sem ampliação da área plantada, o que traz significativos ganhos de rentabilidade nas usinas. Dessa forma, a exportação de açúcar e álcool pode ser incrementada, e o álcool competitivo reduz a preocupação com a alta do petróleo importado, acarretando reflexos positivos na balança de pagamentos externos. A UDP tem por área de hidrólise para recuperação de solvente, área de tratamento do hidrolisado, área de fermentação e área de coleta e tratamento do efluente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Quadro 3. Lista dos projetos PIPE (Pesquisa Inovativa na Pequena Empresa) da FAPESP destinados ao setor sucroalcooleiro

| PROGRAMA PIPE - Pesquisa Inovativa na Pequena e Micro Empresa |                                                                                                              |                                                                |                                  |                           |                                         |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | Título                                                                                                       | Empresa                                                        | Coordenador                      | Período                   | Área de conhecimento                    | Palavra-chave | Resumo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1                                                             | Aperfeiçoamento do filtro Vacuum Press para indústria de açúcar e álcool                                     | Technopulp Consultoria e Com. de Equipamentos Industriais Ltda | Pedro Gustavo Córdoba Junior     | 01 jan. 1998-30 nov. 2000 | Engenharias - Engenharia química        | açúcar        | O objetivo da pesquisa é o aperfeiçoamento tecnológico do filtro contínuo de dupla tela denominado Vacuum Press, utilizado no tratamento de depuração do caldo misto (garapa) nas usinas de açúcar e álcool, possibilitando aumento de eficiência e produtividade. O projeto visa ao estudo mais detalhado do mercado, pesquisas de laboratório que testem novas membranas telas e coadjuvantes de filtração, tais como polímeros e agentes químicos de coagulação, para uma maior performance operacional. Isso só é possível por meio de trabalhos de laboratório e planta, utilizando um filtro piloto para ensaios e testes. A instalação de um laboratório com equipamento piloto permitirá atingir maiores níveis de automação e eficiência, e a empresa ampliar o leque de mercado, redundando em benefícios socioeconômicos com a geração de novos postos de trabalho. O filtro Vacuum Press é o mais recente desenvolvimento da empresa com atuação nas áreas de engenharia e processo ligados aos setores de açúcar e álcool, papel e celulose, e está sendo utilizado no setor de açúcar e álcool com resultados satisfatórios, em substituição aos filtros rotativos convencionais, que têm baixo poder de retenção das impurezas e alto teor de perdas de sacarose                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2                                                             | Controle automatizado do sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o transbordo                      | Agricof - Soluções Tecnológicas para Agricultura Ltda          | Rodrigo Fernando Galzerano Baldo | 01/04/2007-30/11/2007     | Ciências agrárias - Engenharia agrícola | cana          | Um dos problemas encontrados na colheita mecanizada da cana-de-açúcar é a falta de sincronismo entre a colhedora e o transbordo. Este problema gera perdas tanto de matéria-prima como de eficiência operacional. A primeira delas ocorre quando as máquinas ficam desalinhadas e partes dos rebolos de cana-de-açúcar são lançados fora do transbordo. A perda operacional ocorre quando as máquinas se desalinham e são obrigadas a realizar manobras para voltarem à posição de trabalho, essas manobras demandam tempo e por isso representa redução da eficiência da colheita. A presente pesquisa tem por objetivo desenvolver um sistema capaz de identificar e controlar o sincronismo e o paralelismo entre a colhedora de cana-de-açúcar picada e o veículo de transbordo. O projeto será um aprimoramento do sincronismo já desenvolvido na Unicam em 2005. O diferencial entre os dois projetos é que este será capaz de identificar, através de radiofrequência, a exata posição relativa das máquinas e com isso controlará automaticamente a velocidade e o posicionamento do transbordo através de teorias de controle. Para o correto funcionamento do sistema serão desenvolvidos sensores de posicionamento relativo via rádio frequência que serão instalados na colhedora e no transbordo. Para controlar a velocidade do transbordo será acoplado no acelerador do trator um servo-motor. Os testes de funcionamento do sistema serão realizados em uma usina do grupo Cosan que será definida tão logo seja aceito.                                                                                          |
| 3                                                             | Criação massal e comercialização de Trichogramma spp. e Cotesia flavipes para o controle de pragas agrícolas | CP2 Ltda. - ME                                                 | Alexandre de Sene Pinto          | 01 jan. 2002-28 fev. 2005 | Ciências agrárias - Agronomia           | fitossanidade | O objetivo do projeto é disponibilizar insetos de boa qualidade ao usuário, já que a falta desse requisito constitui o grande entrave à popularização do controle biológico no Brasil. Atualmente existe um enorme interesse na utilização dessa alternativa, mas nem sempre os insetos estão disponíveis para a compra e, quando estão, os insumos biológicos nem sempre têm a qualidade desejada. Os insetos serão produzidos baseando-se em técnicas convencionais que serão aprimoradas, adaptando-as à realidade brasileira, especialmente na aquisição de componentes de dietas artificiais para criação, reduzindo o custo da mão-de-obra e acompanhando as características biológicas ao longo das gerações para garantir a qualidade do inseto produzido, bem como o seu desempenho em condições de campo. O projeto prevê a utilização de Cotesia flavipes (Cameron, 1891) em cana-de-açúcar, um parasitóide larval para controle de Diatraea saccharalis (Fabr., 1794), tradicionalmente utilizado no Brasil, e Trichogramma spp., parasitóide de ovos que poderá ser utilizado para controlar essa praga em áreas onde a predação de ovos for baixa ou em áreas onde as condições climáticas não permitirem adaptação do braconídeo mencionado. Nesse caso, será utilizado Trichogramma galloi, sendo que outras espécies de Trichogramma (especialmente T. pretiosum) poderão ser comercializadas para controle de lepidópteros em tomate (rasteiro, estaqueado e em casa-de-vegetação), algodoeiro, milho etc., pois a tecnologia de produção desses inimigos naturais já está bastante avançada nas nossas condições |
| 4                                                             | Desenvolvimento de cromatógrafo de processo para                                                             | Tech Chrom Instrumentos Analíticos                             | José Felix Manfredi              | 01 ago. 2009-31 jul. 2011 | Ciências exatas e da terra -            | etanol        | n.d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5                                                             | Desenvolvimento de equipamento para aplicação de herbicidas em operação combinada com a colheita             | Techfield Assessoria e Consultoria Agrícola Ltda               | Marcelo Rocha Corrêa             | 01/08/2007-31/07/2008     | Ciências agrárias - Engenharia agrícola | cana          | O controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar tem-se tomado mais complexo no sistema de colheita mecânica, pela presença de grandes quantidades de resíduos vegetais deixados sobre o solo. A presença da palha sobre o solo representa uma barreira para atuação de alguns herbicidas residuais, os quais podem ser interceptados e retidos pela cobertura morta. Os resultados de pesquisa obtidos com diferentes herbicidas indicam perspectivas promissoras para o desenvolvimento de um sistema de pulverização que permita a aplicação do herbicida sob a palha. Este tipo de aplicação apresenta grandes vantagens, destacando-se a proteção do herbicida contra evaporação e foto decomposição, a manutenção de níveis estáveis e mais elevados de umidade do solo e a redução da quantidade do herbicida retida pela palha, aumentando a disponibilidade no solo. Sendo assim o projeto se propõe a: complementar a base dados sobre o comportamento de herbicidas em palha de cana-de-açúcar, avaliar perspectiva mercado para desenvolvimento de um equipamento para aplicação de herbicida sob a palha, selecionar os componentes hidráulicos e desenvolver um sistema eletro-eletrônico que permitam a elaboração do projeto do equipamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                                                                                                                                                       |                                                       |                         |                           |                                         |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Desenvolvimento de formulações bioinseticidas à base do fungo entomopatogênico <i>Metarhizium anisopliae</i>                                                          | Bio Soja Indústrias Químicas e Biológicas Ltda        | Alexandre Hiromiti Sano | 01 set. 2003-28 fev. 2007 | Ciências agrárias - Agronomia           | cana   | O uso de <i>Metarhizium anisopliae</i> para o controle de <i>Mahanarva fimbriolata</i> (Stal) na cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo tem crescido muito nos últimos anos. O objetivo deste projeto é o aprimoramento das técnicas vigentes e o desenvolvimento de novos processos produtivos e de formulação de <i>Metarhizium anisopliae</i> , produzidos em meios de cultura líquidos e sólidos, de modo a elevar os níveis de controle de qualidade e baixar os custos de produção. Para tanto, foram delineadas as seguintes etapas: 1) seleção de meios de cultura complexos e de baixo custo econômico, assim como de fontes de nitrogênio, carbono e vitaminas; 2) avaliação da toxicidade de inertes para formulações líquidas e sólidas; 3) desenvolvimento de diferentes tipos de formulações; e 4) avaliação em campo da eficiência agrônômica das formulações selecionadas. Na fase 1 do projeto selecionaram-se produtos alternativos e de baixo custo econômico (melaço de cana-de-açúcar, glicerina, extrato de levedura e levedura de cerveja) para a composição de meios de culturas líquidos, tendo em vista a produção em larga escala de diferentes estruturas do ciclo biológico de <i>Metarhizium anisopliae</i> . Essas informações serão utilizadas na fase 2 para desenvolvimento de novas formulações bioinseticidas baseadas em blastosporo e micélio seco e para viabilizar o uso da massa micelial como inóculo em sistemas bifásicos de produção de conídios aéreos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7  | Desenvolvimento de marcadores moleculares capazes de diferenciar as cepas de levedura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) durante o processo de fermentação do álcool | Genotyping Laboratório de Biotecnologia Ltda          | Débora Colombi          | 01 jul. 2009-31 dez. 2009 | Ciências biológicas - Genética          | álcool | O Brasil é um dos maiores produtores de álcool do mundo, sendo o álcool um produto estratégico, não apenas por ser um combustível renovável detentor de 15% do mercado interno, mas por ser um produto com grande expectativa de crescimento de exportação. Diante deste mercado crescente, entender e caracterizar as leveduras, principais elementos deste processo são ações essenciais para que possamos aumentar ainda mais a produção de álcool no país. Durante o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL - 1975), algumas indústrias isolavam e selecionavam as leveduras predominantes, desde que a mesma fosse uma boa produtora de álcool. No entanto, esta abordagem foi realizada apenas pelas grandes indústrias. Já existem no mercado algumas empresas que produzem comercialmente essas leveduras isoladas, entre as quais se destacam a BG-1, CAT-1, PE-2 e SA-1. Na última safra, estas cepas foram empregadas em mais de 190 destilarias, sendo que em 60% elas continuaram como predominante e no restante (40%) elas foram substituídas por linhagens naturais que, na sua maioria, possuem características indesejáveis. Tendo em vista a possibilidade de substituição da cepa selecionada por uma nativa, a análise das leveduras presentes na dorna de fermentação é essencial para o processo industrial. No Brasil, o acompanhamento das leveduras nas usinas de álcool é feito por cariotipagem, um método antigo, trabalhoso e demorado. A resposta da análise demora em torno de 20 (mais) dias, tempo bastante elevado, tendo em vista que neste período a cepa nativa pode predominar por completo na dorna de fermentação. Este projeto visa à validação e a implantação de marcadores moleculares capazes de diferenciar as principais cepas selecionadas de levedura, assim como as leveduras contaminantes ou naturais. A genotipagem seria realizada através da técnica de microsatélite, uma técnica bastante confiável, pois é a mesma utilizada atualmente para realizar teste de paternidade humano, ou por SNPs, sendo que o resultado estaria pronto em 5 a 7 dias úteis. O desenvolvimento desta nova tecnologia deverá capacitar a empresa para prestação de serviços neste segmento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8  | Desenvolvimento de sacarímetro/polarímetro laser                                                                                                                      | Tech Chrom Instrumentos Analíticos Ltda - ME          | José Félix Manfredi     | 01 fev. 2006-31 jan. 2008 | Ciências exatas e da terra - Química    | cana   | Esta solicitação de auxílio objetiva o desenvolvimento de tecnologia aplicável a setores fundamentais para vida econômica nacional, especificamente o sucroalcooleiro e o farmacêutico de produtos naturais, contribuindo para sua evolução tecnológica e propondo solução de alcance sócio-trabalhista e ecológico. O presente projeto visa a completar o desenvolvimento e viabilizar a produção pré-seriada de um sacarímetro laser no infravermelho, para aplicação na determinação do teor de sacarose em caldo de cana e fluidos de processo nas usinas de açúcar e álcool, e desenvolver, a partir da mesma tecnologia, um polarímetro para a indústria farmacêutica de princípios ativos quirais, notadamente para os obtidos a partir de produtos naturais. A adoção dessa tecnologia associa as vantagens tradicionais da técnica polarimétrica às características inovadoras de um instrumento que não apresenta as restrições operacionais dos equipamentos convencionais, principalmente no tocante à necessidade de clarificação de amostras de baixa transmitância. O instrumento possui fonte laser miniaturizada, que possibilita a incidência direta na cela de amostra de feixe monocromático colimado e coerente. O projeto inova na aplicação de conceitos de óptica laser de estado sólido à Polarimetria, introduzindo características operacionais que fazem do instrumento aqui proposto o primeiro sacarímetro/polarímetro laser no infravermelho do mercado internacional(mais)nal. As principais aplicações do produto, no Brasil, são na agroindústria sucroalcooleira, onde é utilizado no sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose e no controle dos processos de produção de açúcar e de álcool, na indústria alimentícia consumidora de açúcar e na indústria farmacêutica à base de produtos naturais quirais. Nesta fase do projeto estaremos otimizando o desempenho do sistema óptico fonte e de detecção, adequando-os software operacional e de comunicação e definindo o layout das placas eletrônicas: O instrumento receberá desenho industrial em conformidade com os padrões de mercado e viabilizaremos uma pré-série para testes de aplicação reais. O desenvolvimento aqui proposto dará origem a uma linha de instrumentos de análise óptica para diferentes aplicações industriais e acadêmicas: Os resultados operacionais obtidos em nosso laboratório serão publicados em periódico especializado, apresentando as características diferenciadas do produto ao público alvo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9  | Desenvolvimento de um auxílio mecânico para colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia                                                                              | Agricel - Soluções Tecnológicas para Agricultura Ltda | Efraim Albrecht Neto    | 01/01/2006-01/07/2009     | Ciências agrárias - Engenharia agrícola | cana   | Atualmente, a mecanização total ou parcial se representa como a única opção para a colheita da cana, tanto do ponto de vista ergonômico quanto econômico e, principalmente, do ponto de vista legal e ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita sem queima prévia, o que por sua vez viabiliza o aproveitamento do palhço. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma alternativa tecnológica orientada à colheita de cana-de-açúcar, sem queima prévia, que opere em terreno declivosos e que minimize o impacto do desemprego no meio rural provocado pela colheita mecanizada convencional. O equipamento auxilia a colheita manual, realizando as operações de corte de base, corte dos ponteiros, remoção das folhas e condução dos colmos até a caçamba armazenadora, deixando para o homem as funções de manuseio dos colmos após o corte de base passando pelo despontamento até a unidade de despachamento. Para avaliação do equipamento, em condições de laboratório e campo, será construído um protótipo que colherá simultaneamente 03 fleiras de cana. Os fatores a serem avaliados serão: a) determinação da dirigibilidade do equipamento, bem como sua estabilidade ao tombamento; b) Avaliação quantitativa das perdas de matéria-prima e sua qualidade tecnológica; e c) análise econômica comparativa de custo operacional e demanda de investimento. A partir das análises possíveis modificações serão sugeridas de modo a obter um equipamento comercial de custo acessível que possa ser utilizado para colheita de cana-de-açúcar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10 | Desenvolvimento de um fotômetro no infravermelho próximo para determinação do teor de água no álcool combustível e do teor de etanol na gasolina                      | Tech Chrom Instrumentos Analíticos Ltda - ME          | Ismael Pereira Chagas   | 01 jul. 2009-30 jun. 2011 | Ciências exatas e da terra - Química    | etanol | Esta solicitação de auxílio visa ao desenvolvimento de instrumentação analítica aplicável ao setor de distribuição de combustíveis líquidos, contribuindo para sua evolução tecnológica e propondo solução de alcance social, econômico e ambiental. O projeto tem como objetivo completar o desenvolvimento e viabilizar a produção industrial pré-seriada de um fotômetro trabalhando no infravermelho próximo (Near Infrared - NIR) para aplicação na determinação do teor de álcool na gasolina e de água no álcool combustível, na rede distribuidora de combustíveis. A adoção dessa tecnologia associa as vantagens tradicionais da técnica espectrofotométrica às características singulares de um instrumento que não apresenta as restrições operacionais dos equipamentos convencionais, principalmente no tocante à especialização técnica do operador, tempo de espera e simplificação da logística de amostragem. O projeto inova na aplicação do uso de espectroscopia NIR no controle de qualidade de dois tipos de combustíveis simultaneamente, introduzindo características operacionais que fazem do instrumento aqui proposto o primeiro fotômetro no infravermelho destinado a essa aplicação do mercado internacional. As principais aplicações do produto, no Brasil, serão na rede de distribuição de combustíveis líquidos, onde será utilizado no monitoramento da qualidade e controle de adulteração da gasolina e do álcool combustível. O instrumento(mais) possui uma fonte de radiação no infravermelho, uma cela de amostra, onde será colocado o combustível a ser analisado, um filtro de interferência específico e um detector sensível nessa região do espectro. Serão aperfeiçoados: o sistema óptico (fontes de radiação no infravermelho, tamanho e geometria da cela), circuitos eletrônicos, interface de comunicação e software operacional. O aperfeiçoamento do protótipo consiste em viabilizar a produção industrial através do emprego de componentes de menor custo, e que atendam a aspectos técnicos, ergonômicos, funcionais e de segurança possíveis de serem reproduzidos, independentemente do fornecedor. O instrumento receberá desenho industrial em conformidade com os padrões de mercado e será produzida pré-série, para testes e validação em ambientes reais de aplicação. A validação do instrumento será supervisionada pelo Grupo de Instrumentação e Automação do Instituto de Química da Unicamp, em parceria com a Agência de Inovação da Unicamp (INOVA) O desenvolvimento aqui proposto dará origem a uma linha de instrumentos de análise óptica para diferentes aplicações nos mais diversos setores. Os resultados operacionais obtidos em laboratório serão publicados em periódico especializado e na mídia comum, apresentando as características diferenciadas do produto ao público consumidor. |

|    |                                                                                                                                  |                                                                   |                                     |                           |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Desenvolvimento de um monitor de produtividade de cana-de-açúcar para obtenção de mapas de produtividade para colhedoras         | Enalta Inovações Tecnológicas para Agricultura                    | Domingos Guilherme Pellegrino Cerri | 01 fev. 2005-28 fev. 2007 | Engenharias - Engenharia agrícola | cana            | Grande parte das pesquisas realizadas em agricultura de precisão está concentrada no desenvolvimento de dosadores de corretivos e avaliadores de rendimento para culturas de grãos como trigo e soja, que são produtos cultivados em áreas subtropicais e predominantemente em países desenvolvidos. Assim, nesta pesquisa escolheu-se a cultura da cana-de-açúcar porque, além de possuir grande expressão econômica no Brasil, é pouco explorada pelas técnicas de agricultura de precisão. Este projeto visa à instrumentação de uma colhedora de cana-de-açúcar, de modo a permitir a obtenção do mapa de produtividade dessa cultura. O sistema a ser aprimorado está baseado no monitor de produtividade projetado, desenvolvido e patentado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com apoio da FAPESP. O equipamento utiliza células de carga como instrumento de determinação do peso da matéria-prima colhida e será capaz de mensurar o fluxo de rebolos que passa pela esteira antes de serem lançados ao veículo de transbordo. Esses dados, juntamente com as informações obtidas por um Sistema de Posicionamento Global Diferencial (Differential Global Positioning System - DGPS) instalado na colhedora, permitem a elaboração de um mapa digital que representa a superfície de produção para a área colhida. Este sistema será testado em laboratório e no campo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 12 | Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar para gerenciamento de frota | Enalta Inovações Tecnológicas para Agricultura                    | Domingos Guilherme Pellegrino Cerri | 01 fev. 2007-31 jan. 2009 | Engenharias - Engenharia agrícola | cana            | No processo produtivo para obtenção dos subprodutos da cana-de-açúcar, os custos envolvidos nas atividades operacionais e agrícolas representam grande valor nos custos finais. Uma das maneiras de reduzi-los é implementar novas tecnologias na mecanização agrícola utilizando uma combinação de mecânica e eletrônica. Em complemento, a utilização da tecnologia da informação combinada com o uso de componentes inteligentes pode ajudar a melhorar o desempenho de máquinas e equipamentos. A presente proposta visa a desenvolver um sistema de monitoramento de corte, carregamento e transporte (CCT) de cana-de-açúcar. Este sistema será integrado com a base de dados corporativa da usina de modo a fornecer informações ordenadas e precisas e dessa forma possibilitar o melhor gerenciamento da frota e assim, melhorar a eficiência de campo e redução do custo operacional. O sistema proposto terá como base: a) monitor de produtividade projetado, desenvolvido e patentado pela Unicamp (Simprocana); b) corte de base flutuante; c) PIMS-SIG-Transporte e Agrícola, software para controle e gerenciamento de frotas de caminhões de apoio e canavieiros; d) Controladores Digitais Automotivos (CDA) para serem embarcados nos caminhões e nas máquinas agrícolas. Os itens b, c e d são equipamentos desenvolvidos pela empresa Enalta. Esses sistemas serão otimizados, implementados, integrados e testados em laboratório e em campo. A empresa Enalta será responsável pelo desenvolvimento e comercialização do sistema proposto e de acordo com as necessidades poderá solicitar apoio técnico e científico das seguintes instituições: Agricef, Próxima Software e Sistemas, Feagri-Unicamp, LAA-Poli-USP e o Centro de Tecnologia Canavieiro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13 | Desenvolvimento de um sistema de otimização para o suporte a decisões de gestão da cadeia produtiva sucroalcooleira              | OP2B - Soluções para Otimização de Negócios Ltda                  | Jorge Casas Liza                    | 01 ago. 2006-30 set. 2009 | Engenharias - Engenharia química  | sucroalcooleiro | Este projeto tem por objetivo comprovar a viabilidade de desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão da cadeia produtiva sucroalcooleira, desde a etapa agrícola (planejamento da safra: plantio e colheita) até a distribuição de produtos finais para os mais diversos mercados. O núcleo tecnológico do aplicativo é um modelo matemático da cadeia produtiva, baseado em programação mista com inteiros, cuja função é auxiliar o gestor em suas decisões (quantidades de matéria-prima processadas, quantidades fabricadas de produtos finais, recursos industriais e agrícolas a serem empregados etc) ao longo de um horizonte multiperíodo de planejamento, a fim de atingirem-se objetivos pré-estabelecidos. O aplicativo integrará o modelo matemático a um ambiente gráfico amigável e a sistemas de banco de dados, a fim de propiciar ao usuário final facilidade de uso, elevada confiabilidade a respeito dos resultados de otimização, bem como visibilidade do negócio e dos seus principais trade-offs. O usuário poderá realizar a otimização do negócio frente a diversos cenários em tempo adequado, dispensando conhecimentos profundos na tecnologia de modelagem e otimização subjacentes. O aplicativo será projetado para propiciar elevada aderência funcional, isto é, uma representatividade adequada em grau de detalhe das principais variáveis e trade-offs envolvidos na cadeia produtiva. A fim de se atingir esse objetivo, uma metodologia estrutura(mais)da de desenvolvimento de aplicativos para negócio será utilizada: o UP, Unified Process. Dada a complexidade e a natureza multiperíodo do problema, técnicas de decomposição devem ser empregadas para a solução do modelo em um tempo compatível com a dinâmica empresarial de tomada de decisões. O público-alvo do aplicativo é o gestor de usinas sucroalcooleiras. Na fase I, será considerada apenas a etapa industrial da cadeia produtiva. Na fase II, deverá ser realizado o planejamento da etapa agrícola e sua integração com a logística de suprimentos e distribuição |
| 14 | Desenvolvimento e construção de uma linha de montagem                                                                            | Electrocell Indústria e Comércio                                  | Gerhard Ett                         | 01 jan. 2005-31 out. 2007 | Engenharias - Engenharia elétrica | etanol          | n.d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | Desenvolvimento e otimização de unidade integrada de reforma de etanol para produção de hidrogênio                               | Hytron Assessoria Tecnológica em Energia e Cases Industriais Ltda | João Carlos Camargo                 | 01 ago. 2005-28 fev. 2011 | Engenharias - Engenharia mecânica | etanol          | O presente projeto de pesquisa propõe-se à simulação, desenvolvimento, otimização e dimensionamento de um sistema integrado de reforma de etanol para produção de hidrogênio com qualidade para aplicação em sistemas de geração de energia elétrica, especialmente através células a combustível de eletrólito polimérico (PFMFC). O sistema caracterizado como elemento central do presente projeto estará subdividido em sub-sistema de reforma e sub-sistema de purificação. O foco da pesquisa estará na demonstração da viabilidade técnica através do dimensionamento e projeto de integração destes sub-sistemas, fundamentados nos conhecimentos já adquiridos pela equipe da Hytron em projetos similares concluídos ou em andamento no Laboratório de Hidrogênio da Unicamp. O estudo teórico pretende otimizar o balanço energético do sistema através da simulação dos parâmetros de operação da planta, tais como temperatura, pressão e vazão dos insumos no reformador, para que a máxima eficiência de conversão do etanol em hidrogênio seja obtida, estando apto o sistema dimensionado a atender células a combustível com capacidade de geração de energia elétrica entre 5 e 30 kW. O projeto e dimensionamento dos componentes do reformador buscará soluções construtivas de menor custo visando a futura comercialização desses equipamentos pela empresa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |



|    |                                                                                                                       |                                                                   |                               |                           |                                                     |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | Dispositivo para determinação do teor de etanol em gasolina e de água em álcool combustível                           | Millbox - Comércio e Montagens de Equipamentos de Eletrônica Ltda | Ivan Christensen Nali         | 01 jul. 2007-31 maio 2010 | Ciências exatas e da terra - Química                | etanol        | Os laboratórios brasileiros conveniados pela Agência Nacional do Petróleo, utilizam métodos analíticos preconizados pela American Society for Testing Materials para o controle de qualidade da gasolina e do álcool combustível. Estes métodos são baseados na extração do álcool, descrito na norma brasileira NBR1392, para a determinação do álcool na gasolina e na medida da massa específica, descrita na norma brasileira NBR5992, para a determinação da água no álcool combustível. Esses métodos para determinação de álcool em gasolina e de água em álcool combustível apresentam pouca precisão, necessitam de tempo operacional longo e empregam técnicos especializados. Também possuem baixa portabilidade. Nesse projeto é proposto o desenvolvimento de um módulo digital microprocessado capaz de determinar a quantidade de álcool em gasolina e de água em álcool combustível, utilizando-se as propriedades dielétricas dos componentes dessas misturas com variações de frequências. O produto final deverá ser um protótipo que apresente uma grande versatilidade, uma elevada portabilidade, baixo custo e boa precisão. A utilização desse equipamento poderá abranger consumidores, vendedores, distribuidores e produtores destes combustíveis. (AU)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 17 | Formulação de nematóides entomopatogênicos e fomento ao uso desses agentes para o controle biológico de pragas        | Bio Controle - Métodos de Controle de Pragas Ltda                 | Fernando Martins Tavares      | 01 set. 2009-30 abr. 2010 | Ciências agrárias - Agronomia                       | fitossanidade | Nematóides entomopatogênicos (NEPs) ocupam atualmente o segundo maior segmento do mercado de bioinseticidas nos países industrializados, sendo utilizados contra uma vasta gama de insetos que incluem além das pragas de solo, também insetos pragas da parte aérea que atravessam parte do seu ciclo no solo, e insetos que habitam ambientes crípticos. Na América Latina, não existe ainda nenhuma empresa voltada para produção massal "in vitro" de nematóides entomopatogênicos apesar do grande mercado existente nesta região do globo. O IB vem estudando nematóides entomopatogênicos procurando viabilizar o seu uso no Brasil e, juntamente com a empresa Bio Controle, desenvolveu uma metodologia de produção desses agentes usando o processo da esponja, o qual tem permitido viabilizar o seu fornecimento para testes de campo. Dentre os testes, os mais avançados já evidenciaram a eficácia e viabilidade no uso do Steinernema puertoricenses e Heterorhabditis indica para o controle, respectivamente, do bicudo-da-cana-de-açúcar, Sphenophorus levis, e da mosca dos fungos ("fungus gnat"), Bradysia sp., praga em viveiros de mudas. Entretanto, apesar dos avanços nos estudos com NEPs, algumas etapas no processo de produção de nematóides necessitam ser aperfeiçoadas para se conseguir viabilizar a produção industrial e, ao mesmo tempo, fomentar o uso comercial desses agentes. Portanto, o presente projeto tem por objetivo: 1) Desenvolvimento de um método prático de extração de nematóides a partir da esponja que permita a sua colheita e posterior formulação; 2) Desenvolvimento de uma formulação de nematóide entomopatogênico que permita o armazenamento do organismo por pelo menos um mês em condições de prateleira; 3) Conferir a viabilidade de transporte e remessa pelo correio, além da preservação em prateleira, de nematóides formulados e acondicionados em sacos com filtro; 4) Iniciar a distribuição e comercialização de nematóides entomopatogênicos para uso no manejo integrado de pragas. Com os esses estudos, espera-se viabilizar a produção industrial e, ao mesmo tempo, fomentar o uso comercial desses agentes. |
| 18 | Implemento acoplado a trator para colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia                                        | Agricof - Soluções Tecnológicas para Agricultura Ltda             | Guilherme Ribeiro Gray        | 01/11/2009-30/04/2010     | Ciências agrárias - Engenharia agrícola             | cana          | A crescente demanda por combustíveis limpos faz com que o setor sucroalcooleiro busque alternativas para aumentar a produção de etanol. A magnitude necessária para a expansão da cultura da cana-de-açúcar exige, além da ampliação das fronteiras com instalação de novas unidades industriais, o aproveitamento das áreas próximas às plantas industriais existentes. Neste contexto os pequenos fornecedores de cana ganham destaque, pois a área total que estas pequenas propriedades representam é considerada imprescindível para viabilizar o crescimento almejado na produção de etanol. Este projeto tem como objetivo desenvolver um equipamento que realize a colheita da cana-de-açúcar sem queima prévia, que tenha custo acessível aos pequenos fornecedores de cana e que seja capaz de operar em terrenos planos e declivosos. O equipamento proposto caracteriza-se como um implemento que é acoplado ao trator já existente nas pequenas propriedades agrícolas, sendo composto essencialmente por um chassi, uma unidade de corte e alimentação, uma unidade de limpeza e uma carreta de armazenamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 19 | Obtenção e caracterização de polímeros ambientalmente degradáveis (PAD) a partir de fontes renováveis: cana-de-açúcar | PHB Industrial S/A                                                | Jefer Fernandes do Nascimento | 01 nov. 2001-30 jun. 2004 | Engenharias - Engenharia de materiais e metalúrgica | cana          | O poli (ácido 3 - hidroxibutírico), ou PI-113, é um polímero ambientalmente biodegradável, sintetizado e acumulado como substância de reserva por uma série de bactérias, com propriedades termoplásticas semelhantes àquelas dos polímeros convencionais. Porém apresenta a particularidade de ser altamente biodegradável quando exposto a ambientes biologicamente ativos, o que o torna muito atraente em situações de descarte no meio ambiente. Esse polímero é também biocompatível, com alta regularidade de cadeia polimérica e alto peso molecular, o que permite inúmeras aplicações industriais, incluindo-se embalagens flexíveis (filmes), embalagens rígidas (frascos soprados, tampas plásticas e chapas para termoformagem) e componentes cirúrgicos, dentre outros. O plástico biodegradável PHB (polihidroxibutirato) sintetizado por produção biotecnológica é extremamente competitivo comercialmente, pois partindo-se da cana-de-açúcar, com as etapas de síntese, extração e purificação do polímero com solventes naturais, obtém-se um produto com custo final muito baixo. O presente projeto visa ao lançamento deste produto no mercado de embalagens plásticas. Para a caracterização e formulação do polímero será necessária a aquisição de alguns equipamentos básicos em tecnologia de polímeros que irão complementar os investimentos já realizados pela PHB Industrial S/A neste projeto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 20 | Seleção de leveduras tolerantes em processos de                                                                       | n.d.                                                              | Henrique Vianna de Amorim     | 01 jun. 2010-31 maio 2012 | Ciências agrárias - Ciência e tecnologia de         |               | n.d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                                                                           |                                                                |                                   |                           |                                                    |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 | Sistema avançado de produzir eletricidade com alta eficiência, baixo custo e não poluente | Unitech Ltda                                                   | Antônio César Ferreira            | 01 mar. 2002-30 jun. 2004 | Engenharias - Engenharia química                   | etanol          | O projeto visa ao desenvolvimento de um sistema de produção de energia elétrica, utilizando célula a combustível integrada a um sistema de produção de hidrogênio. Serão pesquisadas duas fontes de hidrogênio: energia solar (via eletrólise da água) e reforma do etanol. Os estudos desta primeira fase serão feitos para averiguar a viabilidade tecnológica e econômica das duas fontes de hidrogênio. No caso da eletrólise da água será utilizada a energia solar como fonte primária de energia. Apesar de a eletrólise da água ser comercialmente utilizada, seu uso para produzir energia elétrica ainda é alto quando comparado aos tradicionais geradores de eletricidade. A fim de reduzir o custo do hidrogênio serão realizados experimentos para produzir o por meio da tecnologia de eletrolisador do tipo polímero condutor iônico. A eletrólise em polímeros condutores iônicos tem mostrado uma redução de energia de até 20%. O preço do kilowatt/hora (kWh) com o uso do sistema de energia solar/eletrolisador/células a combustível pode ser de US\$ 0,11. Com tal custo, essa forma de produzir energia elétrica poderá ter um grande potencial tecnológico e econômico. Por outro lado, 1 metro cúbico de etanol pode produzir até 5 metros cúbicos de hidrogênio pela reação de reforma. Dessa maneira, o custo do kWh pode chegar a US\$ 0,049. Esse valor torna bastante atrativa a utilização do sistema reforma de etanol/célula a combustível para produzir eletricidade. Ainda na primeira fase do trabalho serão pesquisados novos tipos de catalisadores de reforma de etanol baseados em paládio, platina e cério. Esses catalisadores têm sido utilizados na reforma de gás natural, metanol e gasolina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 22 | Sistema de controle avançado para processos de destilação em usinas de álcool             | Atenatec Soluções Tecnológicas Ltda. - ME                      | André Ribeiro Lins de Albuquerque | 01 fev. 2008-31 jan. 2011 | Ciências exatas e da terra - Ciência da computação | usina           | O presente projeto tem como objetivo criar uma solução de controle avançado para otimizar o processo de destilação em usinas de álcool, utilizando a abordagem de Hardware-in-the-Loop (HIL). Esta abordagem será utilizada tanto para testar, analisar e implementar novos algoritmos de controle diretamente nos respectivos hardwares de controle de planta, como, para otimizar as suas malhas de controle existentes, utilizando métodos de controle preditivo (MPC) baseado em modelos híbridos com identificação online. Durante a primeira fase do presente projeto, os esforços se concentram no desenvolvimento de um ambiente computacional e um ambiente experimental para trabalharem em conjunto e simultaneamente. No ambiente computacional será desenvolvido o modelo híbrido do sistema simulado em tempo real. No ambiente experimental, serão implementados os hardwares de controle do processo de destilação e os algoritmos de controle serão integrados. Com esta abordagem, diversos sistemas de controle poderão ser projetados e implementados na forma de Hardware-in-the-Loop, ou seja, diretamente nos hardwares de controle da planta. O sucesso desta primeira fase permitirá, na fase 2, o desenvolvimento de uma solução comercial de controle avançado aplicado à otimização de sistema de controle dos processos de destilação em usinas de álcool. A inovação proposta neste projeto não está apenas na abordagem HIL que será utilizada para testar, analisar, implementar, (mais) monitorar e otimizar os algoritmos de controle que serão desenvolvidos, mas também, na aplicação e comparação de dois promissores métodos para atualizar um modelo híbrido de uma planta de destilação de álcool por meio de identificação online. A primeira técnica a ser testada e implementada será a Wave-Net Neural Networking e a segunda será o SVM (Support Vector Machine). Este projeto pretende viabilizar uma melhor alternativa para o mercado, com a oferta de uma tecnologia nacional para sistemas de controles avançados aplicados em destilarias de álcool e com menos custo em relação aos similares importados. Além disso, uma empresa nacional possibilitaria um suporte técnico ininterrupto e de baixo custo, aperfeiçoamento nas áreas correlatas e uma maior integração com o mercado local, permitindo uma adequação do produto às necessidades específicas do setor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 23 | Sistema de detecção e aplicação localizada de herbicidas em cana-de-açúcar                | Agrionics - Instrum. Equipamentos Agrícolas e Industriais Ltda | Luiz Geraldo Mialhe               | 01 abr. 2000-31 dez. 2000 | Ciências agrárias - Engenharia agrícola            | cana            | A instrumentação embarcada hoje disponível no mercado é quase totalmente importada e do tipo "caixa-preta". Essas características, no caso de sistemas completos, são interessantes tanto para fornecedores como para usuários e, quando corretamente implantadas, propiciam seguro retorno do investimento. Todavia são poucos os sistemas completos disponíveis no mercado nacional e, dada a complexidade de sua estruturação, exigem alto investimento inicial e descarte de parte da frota não instrumentada em uso na propriedade. A visão dessa realidade e a constatação de um caso concreto na frota de dez conjuntos pulverizadores de herbicidas na Usina Rafard (União S. Paulo S/A) motivaram a pesquisa visando ao estudo e desenvolvimento de um sistema capaz de satisfazer as necessidades dessa operação agrícola sob condições críticas (topografia em declive, intensidade da infestação, uso de diferentes produtos, riscos com deriva etc.). No Brasil, atualmente, o uso de controles eletrônicos em pulverizadores restringe-se aos sistemas convencionais (comando de válvulas de fluxo a partir de sinais de sensor de pressão) que visam manter a dosagem de aplicação independente da variação na velocidade de deslocamento do trator no campo. Constituem exceções os poucos casos de equipamentos importados do tipo autopropeleto e de custo bastante elevado, geralmente aplicáveis sob condições de topografia plana. O projeto se propõe a desenvolver os componentes eletroeletrônicos, mecânicos, softwares e metodologia operacional que permitam concretizar um sistema de detecção e aplicação localizada de herbicida em cana-de-açúcar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 24 | Sistema de simulação online de balanço de massa e                                         | n.d.                                                           | Claudio Adriano Policastro        | 01/05/2010-30 abr. 2012   | Ciências exatas e da terra - Ciência               | açúcar          | n.d.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 25 | Sistema de simulação on-line de balanço de massa e energia para usinas de açúcar e álcool | Atenatec Soluções Tecnológicas Ltda. - ME                      | Cláudio Adriano Policastro        | 01/05/2008-31 out. 2008   | Ciências exatas e da terra - Ciência da computação | sucroalcooleiro | O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que possibilite a modelagem e a simulação dos equipamentos e processos de produção de açúcar e álcool para fins de análise de eficiência produtiva, energética e exergética de plantas industriais de usinas de açúcar e álcool. Embora existam no mercado softwares que constituem soluções de uso para a modelagem e simulação, como as oferecidas pelas empresas ASPENTECH, SIMTECH, RSI SIMCON e FANTOFT, além dos softwares SUGARS TM e o IPSEPro. Estas ferramentas ainda são pouco empregadas no mercado sucroalcooleiro nacional, devido aos altos custos de adaptação necessária para utilização das mesmas à realidade das usinas e aos custos de aquisição e customização de tais ferramentas. Adicionalmente, a maioria destas ferramentas demanda um número de sensores e entradas de dados que não podem ser supridos diretamente pelas plantas industriais do setor. Ainda, muitos destes softwares não contemplam alguns modelos específicos para as usinas de açúcar e álcool nacionais, como é o caso de modelos de fermentação e colunas de destilação, não existentes no software SUGARS TM. A relevância deste projeto consiste na combinação inovadora de tecnologias no estado-da-arte das áreas de Engenharia Química, Térmica, de Automação e Inteligência Computacional para o desenvolvimento de um produto de software nacional que integre modelos termodinâmicos específicos para(mais) os equipamentos e processos das Usinas de açúcar e álcool, métodos de resolução de balanço de massa, energia e exergia. Adicionalmente, pode-se citar que o emprego de técnicas de inteligência computacional para a construção de sensores virtuais constitui uma importante inovação em relação aos softwares comerciais existentes e supre a falta de sensores reais nas plantas produtivas, evitando investimentos adicionais em novos sensores. Deve-se ressaltar também o emprego de técnicas de otimização para a busca da melhor condição operacional da planta, dado um cenário inicial especificado pelo usuário. Este projeto viabilizará uma melhor alternativa para o mercado, com um produto nacional de menor custo em relação aos similares importados e mais condizente com a realidade das atuais plantas industriais encontradas em território nacional. Além disso, uma empresa brasileira possibilitaria um suporte técnico ininterrupto e de baixo custo; cursos de treinamento e aperfeiçoamento nas áreas correlatas; e uma maior integração com o mercado local, permitindo uma adequação do produto às necessidades específicas de determinados usuários. Para viabilizar o negócio gerado como sistema de simulação proposto, o modelo de negócio adotado é a prestação de serviço especializada no mercado sucroalcooleiro utilizando ferramentas tecnológicas próprias. Como forma de posicionamento da empresa em seu setor de atuação, a Atenatec buscou a formalização de alianças estratégicas para a minimização dos riscos mercadológicos e de gestão. Essas parcerias permitem a manutenção de uma estrutura operacional enxuta, composta somente por mão de obra técnica altamente especializada. Nosso mercado consumidor inicial é formado por 125 usinas de açúcar e álcool, associadas ao Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), um de nossos parceiros estratégicos |



|    |                                                               |                                           |                            |                           |                                         |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26 | Técnicas de planejamento otimizado para o setor canavieiro    | Unisoma Matemática para Produtividade S/A | Carlos Antônio Taube       | 01 jul. 2006-31 dez. 2006 | Ciências exatas e da terra - Matemática | cana | A integração otimizada do suprimento de cana com a produção de álcool e açúcar, tem sido objetivo de várias instituições e empresas do setor canavieiro. Alguns dos sistemas hoje existentes de planejamento e controle da integração das atividades agrícolas com as de produção industrial já se utilizam de técnicas de programação matemática, mas certos detalhes, como o sequenciamento das frentes de corte, envolvem complexidades matemáticas ainda não abordadas com sucesso. No planejamento industrial, por outro lado, pouco tem sido utilizado de técnicas de programação matemática para se decidir de forma otimizada os balanços de energia e massa. A forte expansão do setor canavieiro no Brasil é consequência dos níveis tecnológicos já alcançados e das perspectivas mundiais com o aumento do consumo de álcool e queda dos subsídios à produção de açúcar na Europa. O livro recém publicado "A energia da cana-de-açúcar" sob a coordenação do Prof. Isaias de Carvalho Macedo, com suporte da UNICA - União da Agroindústria Canavieira em São Paulo, mostra a sustentabilidade da produção de álcool e açúcar no Brasil, caracterizando o setor como grande consumidor de tecnologia. Há hoje no Brasil cerca de 50 projetos de usinas a serem construídas brevemente, além de cerca de 300 usinas existentes. Este quadro promissor motiva a Unisoma a aproveitar sua experiência na área de agroindústria (Cenibra, VCP, Sadia, Perdigão, Aurora) e no planejamento energético de uma grande siderurgia (CST), no sentido de prover o setor canavieiro com novas técnicas para: - planejamento anual de cortes de cana; - planejamento pluri-anual de cortes e reformas; - sequenciamento das frentes de corte; - controle otimizado da dinâmica de suprimento de cana ao longo do dia; - planejamento diário da produção e energia |
| 27 | Um sistema de mapeamento automático de produtividade agrícola | AGX Tecnologia Ltda                       | Rafael Alexandre Ferrarezi | 01 set. 2006-31 maio 2007 | Ciências agrárias - Engenharia agrícola | cana | Dada a enorme importância do agronegócio para a economia brasileira, é de grande interesse desenvolver novas tecnologias que gerem vantagens e benefícios a esse setor. Os recursos tecnológicos mais avançados estão presentes nesse setor através da agricultura de precisão, que é um método de gestão do sistema produtivo que visa melhorar a produtividade das culturas bem como a qualidade dos produtos. Uma das ferramentas utilizadas na agricultura de precisão é a geração de mapas de produtividade, que envolve a instrumentação de máquinas agrícolas para a coleta, descarga e processamento de dados. Este método considera a variabilidade espacial de parâmetros presente nas lavouras como fonte de informação imprescindível no auxílio na tomada de decisões para uma melhor gestão do processo produtivo. Importantes culturas agrícolas, como a de cana-de-açúcar, ainda não são beneficiadas com esses possíveis avanços tecnológicos. Assim, o presente projeto visa desenvolver um sistema de produtividade para essas culturas que utilizam carregadoras, sendo capaz de detectar automaticamente o momento e a posição da garrada e a quantificar a carga recolhida em cada ciclo de forma precisa. Também será necessário desenvolver uma plataforma tecnológica para máquinas agrícolas onde será realizada a coleta automática, com comunicação via rede sem fio, dos dados georreferenciados, e o software necessário para a elaboração dos mapas de produtividade(mais)e. Pela importância econômica para o estado de São Paulo, o sistema será desenvolvido inicialmente para a cultura de cana-de-açúcar. Entretanto, por ter uma arquitetura versátil, poderá incorporar novas funcionalidades e ser facilmente adaptado a outras culturas que semelhantemente utilizam carregadoras para a colheita da produção              |

**TABELA 1. EMPRESAS SELECIONADAS COM PLANOS DE NEGÓCIO SELECIONADOS NO  
PAISS – DEZ/11**

|                                                      | <b>Linha I</b> | <b>Linha II</b> | <b>Linha III</b> |
|------------------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Abengoa Bioenergia Agroindustrial Ltda.              | x              |                 |                  |
| AGACÊ SUCROQUÍMICA Ltda.                             |                | x               |                  |
| Amyris Pesquisa e Densenv. de Biocombustíveis        |                | x               |                  |
| Barauna Comércio e Indústria Ltda.                   |                | x               |                  |
| BioFlex Agroindustrial Ltda.                         | x              |                 |                  |
| BIOMM S/A                                            | x              |                 |                  |
| Bunge Açúcar e Bioenergia Ltda.                      |                | x               |                  |
| Butamax Biocombustíveis Avançados                    |                | x               |                  |
| CTC - Centro de Tecnologia Canavieira S.A.           | x              | x               |                  |
| Dow Brasil S/A                                       | x              | x               |                  |
| DSM South América Ltda.                              | x              | x               |                  |
| DU PONT DO BRASIL S/A                                |                | x               |                  |
| Eli Lilly do Brasil Ltda.                            | x              |                 |                  |
| ETH Bioenergia S.A.                                  | x              | x               |                  |
| Ideom Tecnologia Ltda.                               |                | x               |                  |
| Kemira Chemicals Brasil Ltda.                        |                | x               |                  |
| LS9 Brasil Biotecnologia Ltda.                       |                | x               |                  |
| Mascoma Brasil                                       | x              |                 |                  |
| METHANUM ENGENHARIA AMBIENTAL Ltda.                  |                | x               |                  |
| Metso Paper South America Ltda.                      | x              |                 |                  |
| Novozymes Latin America Ltda.                        | x              |                 |                  |
| PETRÓLEO BRASILEIRO S/A                              | x              |                 | x                |
| PHB Industrial S/A                                   |                | x               |                  |
| Solazyme Brasil Óleos Renováveis e Bioprodutos Ltda. |                | x               |                  |
| VTT Brasil - Pesquisa e Desenvolvimento Ltda.        | x              | x               |                  |

#### ANEXO IV. PESQUISA DE CAMPO

**Quadro 1. Entrevistas realizadas na pesquisa de campo – Fase 1**

|   | <i>Entrevistado</i>               | <i>Instituição/Empresa</i> | <i>Data</i> | <i>Local</i>  |
|---|-----------------------------------|----------------------------|-------------|---------------|
| 1 | André Furtado                     | UNICAMP                    | 19/11/2009  | Campinas/SP   |
| 2 | Luiz Augusto Cortez               | UNICAMP/ FAPESP            | 11/12/2009  | Campinas/SP   |
| 3 | Ademar H. Ushima                  | IPT                        | 15/12/2009  | São Paulo/SP  |
| 4 | Jaime Finguerut                   | CTC                        | 16/12/2009  | Piracicaba/SP |
| 5 | José Eduardo Marcondes de Almeida | Instituto Biológico        | 14/12/2009  | Campinas/SP   |
| 6 | José Luiz Olivério                | Dedini                     | 10/02/2010  | Piracicaba/SP |
| 7 | Francisco Nigro                   | Poli-USP/IPT               | 10/03/2010  | São Paulo/SP  |

**PESQUISA DE CAMPO – FASE 2: QUESTIONÁRIO APLICADO NOS FABRICANTES DE MÁQUINAS  
E EQUIPAMENTOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

**Questionário para fabricantes de máquinas e equipamentos**

**Informações sobre o entrevistado**

Entrevistado: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Tempo de empresa: \_\_\_\_\_

Telefone(s) para contato: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**I. Caracterização da empresa**

Ano de fundação: \_\_\_\_\_

Faturamento: \_\_\_\_\_

Porte da empresa

☐ microempresa                      ☐ pequena empresa                      ☐ média empresa

☐ média-grande empresa    ☐ grande empresa

Número de funcionários: \_\_\_\_\_

Localização: \_\_\_\_\_

Atividades econômicas (CNAE): bens de capital mecânico

Principais                      produtos                      destinados                      à                      indústria

sucroalcooleira: \_\_\_\_\_

Endereço eletrônico: \_\_\_\_\_

**II. Caracterização das atividades industriais e capacidades produtivas**

1. Da lista abaixo, dimensione, em termos de importância os 3 principais atributos competitivos para a sua empresa que fornece máquinas e equipamentos à indústria sucroalcooleira e explique suas motivações.

☐ preço

- ( ) cumprimento de prazos
- ( ) capacidade de customização dos produtos e processos
- ( ) capacidade de inovação tecnológica
- ( ) capacidade de inovação organizacional
- ( ) capacidade de design
- ( ) recursos humanos
- ( ) outros \_\_\_\_\_

Justificativa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Qual a principal demanda de seus clientes/usuários na solicitação de máquinas e equipamentos para o setor sucroalcooleiro? Explique.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Dos insumos de seus equipamentos e produtos fabricados para o setor sucroalcooleiro, defina:

\_\_\_\_\_ % importado

\_\_\_\_\_ % nacional

4. Descreva os principais fluxos de comércio exterior da sua empresa em termos de produtos e insumos. O que é importado ou exportado e quais os destinos e origens? Descreva em termos de complexidade dos produtos/insumos ou valor adicionado na produção.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Caso haja uma expansão do setor sucroalcooleiro no mercado mundial, existe potencial para expansão da sua produção e/ou internacionalização da sua empresa? Como sua empresa buscar esse aumento de produção e quais seriam os principais entraves para isso?

---

---

---

### III. Caracterização das atividades inovativas

6. Explique e dimensione em termos de importância relativa as principais inovações ocorridas nos últimos 3 anos. Justifique e comente.

- ( ) produto  
( ) processo  
( ) organizacional  
( ) marketing  
( ) outras\_\_\_\_\_

---

---

---

7. Quais os principais investimentos realizados nos últimos 3 anos para o desenvolvimento de inovações tecnológicas em novos produtos ou processos? Podem ser consideradas inovações tecnológicas incrementais ou radicais?

---

---

---

8. Como as informações críticas para a geração de inovações são trocadas internamente na sua empresa e qual a importância dos seus RH para isso, considerando a formação de seus funcionários (técnicos, graduados, mestres ou doutores)?

---

---

---

9. Qual a principal origem do conhecimento gerado nas atividades inovativas: interno ou externo? Comente.

---

---

---

10. Como os conhecimentos externos críticos para a geração de inovações chegam à sua empresa? Dimensione e comente o papel dos agentes mencionados abaixo.

- |                                                       |                                                          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> universidades                | <input type="checkbox"/> institutos públicos de pesquisa |
| <input type="checkbox"/> centros de pesquisa privados | <input type="checkbox"/> clientes                        |
| <input type="checkbox"/> fornecedores                 | <input type="checkbox"/> consultorias                    |
| <input type="checkbox"/> concorrentes                 | <input type="checkbox"/> usinas (consumidores)           |

---

---

---

11. Qual a relevância das empresas de engenharia e serviços especializados na aquisição do conhecimento externo para suas atividades inovativas? Qual o nível de complexidade desses serviços. Explique.

---

---

---

12. As atividades de P&D são o principal insumo para as atividades inovativas? Se sim, explique se há um departamento específico e os principais projetos realizados. Se não, comente quais outras atividades são relevantes para as suas atividades inovativas?

---

---

---

13. Qual a importância do conhecimento prático rotineiro (*learning by doing/learning by using e conhecimento prático in house*) para suas atividades inovativas?

---

---

---

14. Qual a relevância dos projetos industriais em suas atividades inovativas?

---

---

---

15. Atualmente sua empresa tem alguma parceria/cooperação tecnológica ou já realizou ou pretende realizar mecanismos de transferência de tecnologia com outras empresas, no Brasil ou no exterior? Explique e dê exemplos.

---

---

---

16. Sua empresa tem planos de expansão das atividades tecnológicas? Qual seria a principal motivação dentre os elementos apontados abaixo. Comente.

- ( ) geração de novas capacidades tecnológicas
- ( ) transformação radical nas capacidades tecnológicas existentes
- ( ) adaptações incrementais nas capacidades existentes



( ) outra \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **IV. Detalhamento da relação usuário/produtor**

17. Na relação produtor-fornecedor (usina/fabricante) quais os principais elementos do critério de seleção? Quem dirige esta relação para inovação – o usuário (cliente) ou o produtor?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

18. Descreva os principais mecanismos de interação entre o produtor e fornecedor para o desenvolvimento de novos produtos e/ou novos processos, inclusive como as informações são trocadas entre os usuários de suas máquinas e equipamentos.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

19. Após a construção dessas relações (usuário/produtor), como elas são mantidas ao longo do tempo? Há algum mecanismo formal para a manutenção dessas relações?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## V. Impactos das inovações e perspectivas

20. Quais os principais resultados das suas atividades inovativas? Por exemplo, qualidade dos produtos, manutenção dos mercados ou desenvolvimento de novos processos? Explique.

---

---

---

21. Mencione e comente os 3 principais elementos que contribuem para o resultado das suas atividades inovativas:

- |                                                             |                                                               |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> atividades de P&D                  | <input type="checkbox"/> aquisição de máquinas e equipamentos |
| <input type="checkbox"/> aquisição de software              | <input type="checkbox"/> treinamento                          |
| <input type="checkbox"/> participação em feiras e seminário | <input type="checkbox"/> <i>design</i>                        |
| <input type="checkbox"/> recursos humanos                   | <input type="checkbox"/> outros                               |

---

---

---

22. Os resultados das suas atividades inovativas são uma novidade propriamente dita para o mercado mundial, nacional regional ou somente para a própria empresa? Comente.

---

---

---

23. Quais os métodos de proteção utilizados para suas inovações tecnológicas? Se não forem as patentes, justifique por quê. Se forem patentes, mencione quais e o local de depósito.

---

---

---

24. Sua empresa fornece máquinas/equipamentos para outras indústrias? Qual o seu grau de dependência e a complexidade dos produtos oferecidos ao setor sucroalcooleiro com relação às demais indústrias?

---

---

---

---

---

25. Quais as principais ameaças à competitividade industrial e tecnológica da sua empresa atualmente? Comente.

---

---

---