

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA

**METROLOGIA E PADRONIZAÇÃO TÉCNICA COMO FERRAMENTAS PARA A
COMPETITIVIDADE E INOVATIVIDADE INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ETANOL COMBUSTÍVEL**

TAYNAH LOPES DE SOUZA

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Economia

ORIENTADORA: Professora Lia Hasenclever, DSc, IE/UFRJ

Rio de Janeiro, Junho de 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA

**METROLOGIA E PADRONIZAÇÃO TÉCNICA COMO FERRAMENTAS PARA A
COMPETITIVIDADE E INOVATIVIDADE INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE A
PARTIR DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ETANOL COMBUSTÍVEL**

TAYNAH LOPES DE SOUZA

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de
Economia da Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como requisito parcial para a obtenção
do Grau de Doutor em Economia

BANCA EXAMINADORA

**Professora Lia Hasenclever, DSc
IE/UFRJ (Orientadora)**

**Professor José Eduardo Cassiolato, DSc
SPRU/Sussex**

**Professora Adelaide Antunes, DSc
COPPE/UFRJ**

**Professor Marcelo Paixão, DSc
Iuperj / UCAM**

**Professor Humberto Brandi, PhD
MIT**

Rio de Janeiro, Junho de 2008

Dedico esta tese, com amor, a meus queridos avós Helena e Antônio e em especial à minha saudosa avó Nair (*in memoriam*). Pelo privilégio que tive de poder partilhar de sua convivência, mais que fundamental para toda a minha formação como ser humano.

AGRADECIMENTOS

Em meio a sensações de alívio, de dever cumprido e de alegria, mais que agradecer, gostaria de registrar as contribuições daquelas pessoas sem as quais hoje esta tese nem sequer existiria.

Diante do filme que se passa nesse momento, não poderia deixar de reconhecer que esta tese – definitivamente – jamais teria sido escrita sem a contribuição do meu ex-chefe e grande amigo Paulo Ferracioli. Dele veio o convite para trabalhar no Inmetro, me apresentando o vasto tema da metrologia, o que me fez adentrar em um mundo totalmente novo. Foi somente a partir da entrada no Inmetro que fiz tantos amigos, agucei minha curiosidade sobre o tema e tanto a metrologia quanto a padronização técnica tornaram-se as personagens principais desta tese. Esse grande amigo, e ex-chefe, ajudou muito nessa que foi minha primeira experiência profissional, e ainda me convenceu a fazer o doutorado.

Ainda no Inmetro, tenho muito a agradecer aos meus dois chefes seguintes – Jorge Cruz e Humberto Brandi, que, assim como Ferracioli, sempre deram muito apoio ao estudo e esbanjaram compreensão nos momentos de ausência. É difícil encontrar hoje em dia chefes que dêem tanto valor à formação acadêmica de um funcionário, quando envolve horas de trabalho consumidas em um estudo. A Humberto Brandi um especial agradecimento por seu apoio nos momentos finais de elaboração da tese e, principalmente, por seu aceite em participar da banca examinadora.

A grandes amigos que fiz no Inmetro, e aqui preciso destacar Annalina, Viviane, Regina, Suzana e Mayard, verdadeiras amigas nesses seis anos de experiência profissional. A vários outros que me ajudaram nessa reta final agradeço imensamente – Francisco Junior, Lenise, Athanagilde, Gelson e Ana Paula. A essa última, especialmente por também ter ajudado nos contatos para realização de entrevistas, pela leitura de algumas partes, pelas dicas. A esse grupo não poderia deixar de incluir Flávia e Helen, por ‘aturarem’ lamúrias e cansaço, por toda a força.

No IE, onde me graduei e depois voltei com prazer para o Doutorado, as lembranças de carinho são infindáveis. Cabe registrar a contribuição de alguns professores que me fizeram despertar para o tema ‘inovação tecnológica’ – José Cassiolato, Mario Possas e Lia Hasenclever. Não por coincidência, o Prof. Cassiolato faz parte da banca examinadora e a última é minha orientadora, levando realmente ao ‘pé da letra’ essa atuação.

Agradeço, então, à Lia, por ter, em muitos momentos, desvendado junto comigo esse tema ainda novo. Obrigado por ter aceitado o desafio!

Aos demais professores da banca – Adelaide Antunes e Marcelo Paixão, agradeço antecipadamente pelos comentários e críticas que virão durante a defesa.

Ainda com relação às contribuições mais significativas para a consecução da pesquisa, agradeço a todos os que abriram mão de seu tempo para me auxiliarem por meio da concessão de entrevistas. Em especial agradeço ao Prof. Romeu Daroda que, além de me conceder uma importante entrevista, também me apresentou alguns dos entrevistados. Sem seu apoio, as entrevistas não teriam sido obtidas.

Partindo para as mais importantes pessoas da minha vida, e que também mais sofreram com a ausência nesses últimos momentos, agradeço primeiramente, aos meus pais, Ana e Rafaelo, por todos os erros e acertos, por todo o amor e carinho, pela torcida e pelo incentivo a estudar desde cedo (talvez um pouco até demais...). Aos meus avós, Helena, Antonio e Nair (*in memoriam*), a quem dediquei a tese, por sua constante participação na minha vida. Especialmente à vó Nair que, na reta final, nos deixou com uma grande saudade e a certeza de que permanecerá sempre em nossos corações e pensamentos. Pensando nela, muitas vezes consegui mais força para terminar essa ‘maratona’.

Ao meu amor, companheiro, amigo, Heberti Rodrigo, cabe o maior agradecimento de todos. Por seu acompanhamento desde o início de toda essa jornada, especialmente por seu apoio na reta final, não me deixando desanimar, e principalmente lutando para que eu procurasse dar cada vez mais de mim. Por sua compreensão diante de noites mal-dormidas, mau-humor e cansaço, típicos de qualquer pessoa acometida pela famosa ‘tesite’. Por toda a sua contribuição no meu crescimento diário, e aqui aproveito para agradecer o presente que me deu – o convívio com minha ‘segunda família’: meus sogros, Isabel e Lino, e cunhados, Marcinha e Maurício, que também muito me apoiaram durante os frutíferos estudos em São José dos Campos.

Finalmente, agradeço a Beethoven, Mozart, Chopin, Vivaldi, Vila-Lobos. Alguns dos verdadeiros inovadores e que fizeram possível a abertura da minha mente à inspiração. Ao som de suas obras saíram as minhas melhores idéias, ainda que humildemente reconheça que, apesar do esforço, não chego aos pés das suas. Muito obrigado!

RESUMO

A padronização técnica e a metrologia vêm apresentando caráter a cada dia mais estratégico em diferentes aspectos da sociedade e de uma economia. As possibilidades abertas para que tais mecanismos atuem como importantes ferramentas para a competitividade e a inovatividade industrial são de natureza complexa e merecem a devida atenção. A tese objetiva, nesse contexto, trazer à tona essa temática, numa realidade de países em desenvolvimento, onde o tema ainda não tem sido ostensivamente explorado. Para tanto, parte-se do contexto nacional, com foco sobre a atuação do Estado nessas atividades, para analisar de que forma essa atuação exerce influências sobre um dado Sistema Nacional de Inovação (SNI), abordagem teórica escolhida para a pesquisa. A metodologia utilizada na tese foi a condução de estudo de caso sobre a indústria nacional de etanol combustível, dada sua evolução histórica, bem como o momento atual por que passa essa indústria, diante da estratégia de transformar o produto em ‘*commodity*’ internacional, para o quê padrões técnicos bem definidos consistem em condição necessária.

As principais contribuições da tese constituem a elaboração de estudo de caso sobre um tema novo – a metrologia e a padronização técnica – bem como a análise sob um diferente prisma sobre a competitividade da indústria de etanol combustível, incluindo a identificação do ‘Sistema Setorial de Inovação’ (SSI) para etanol combustível.

Os resultados do estudo de caso apontam para a conclusão de que a metrologia e a padronização técnica exercem importantes influências sobre a competitividade e a inovatividade industrial, com implicações diretas sobre a formulação de políticas tecnológicas, industriais e pró-inovação.

ABSTRACT

Technical standardization and metrology present a strategic character in different aspects of society and of an economy. Open possibilities for such mechanisms to act as important tools for industrial competitiveness and innovativeness are of complex nature and deserve duly attention. This thesis aims, in this context, at bringing up this thematic, considering the reality of developing countries, where the theme has not been yet ostensibly explored. For that, the national context shall be the starting point, focusing on the role of the State within these activities, in order to analyze how this performance influences a given National System of Innovation (NSI), the theoretical approach chosen for the research. The methodology utilized in the thesis was the conduction of a case-study about the influences of metrology and technical standardization on the national industry of ethanol fuel, due to its historical evolution and in face of the moment experienced by this industry, with the strategy of transforming the product into an international commodity, for which well-defined technical standards consist of a necessary condition.

The main contributions of this thesis consist of the elaboration of a case-study about a new subject – metrology and the standardization process – as much as the analysis under a different point of view about the competitiveness of the ethanol fuel industry, including the identification of the ‘Sectoral System of Innovation’ (SSI) for ethanol fuel.

Results obtained at the case-study point at the conclusion that both metrology and technical standardization exert important influences over industrial competitiveness and innovativeness, with direct implications for the formulation of technological, industrial and pro-innovation policies.

SUMÁRIO

Introdução	1
PARTE 1: REFERENCIAL ANALÍTICO	14
Capítulo 1: Inovações Tecnológicas e o Papel do Estado Regulamentador	14
1.1 - Introdução	14
1.2 - Inovações tecnológicas: de Schumpeter à abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)	16
1.2.1 - A contribuição de Bell e Pavitt: acumulação tecnológica nos diferentes setores	18
1.2.2 - A contribuição de Nelson e Winter: enfoque evolucionário	21
1.2.3 - A abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)	23
1.3 - Difusão de inovações tecnológicas e ambiente de seleção	26
1.4 - Inovação tecnológica e competitividade	33
1.5 - Importância de políticas públicas no SNI: uma análise sobre o papel dual do Estado regulamentador	37
1.6 - A importância de políticas públicas pró-inovação em países em desenvolvimento	41
1.7 - Conclusão	46
Capítulo 2: Economia da Padronização	48
2.1 - Introdução	48
2.2 - Padronização técnica: uma análise econômica	49
2.2.1 - Padronização técnica: breve histórico e contextualização	55
2.2.2 - Padronização técnica e comércio internacional	58
2.3 - A Metrologia e sua importância como base para a Tecnologia Industrial Básica	64
2.3.1 - História e evolução da Metrologia	66
2.3.2 - Metrologia Química: algumas considerações	69
2.3.3 - Uma análise estrutural das atividades englobadas na padronização técnica	71
2.4 - Metrologia, padronização técnica e inovação tecnológica	77
2.5 - Metrologia e padronização técnica no Brasil	85
2.6 - Conclusão	94
PARTE 2: ESTUDO DE CASO	96
Capítulo 3: Aspectos Metodológicos da Pesquisa	96
3.1 - Objetivos e metodologia	96
3.2 - Etapas da pesquisa	99
3.3 - Definições adotadas	106
Capítulo 4: A Indústria Brasileira de Etanol Combustível	113
4.1 - Introdução	113
4.2 - O Programa Nacional do Alcool (PNA, ou Proálcool)	114
4.3 - Da desregulamentação do setor à liderança	125
4.4 - Questões sócio-ambientais	129
4.5 - Conclusão	135

Capítulo 5: O Sistema Brasileiro de Inovação para Etanol Combustível	137
5.1 – Introdução	137
5.2 - O Sistema Brasileiro de Inovação para etanol combustível	138
5.3 - Capacidade inovadora da indústria brasileira de etanol combustível	141
5.3.1 - Capacidade inovadora de fornecedores de matéria-prima	143
5.3.2 - Capacidade inovadora da indústria de bens de capital e de insumos	145
5.3.3 - Capacidade inovadora da indústria de bens de consumo	151
5.4 - Competitividade da indústria nacional de etanol combustível	157
5.5 - Conclusão	165
Capítulo 6: Metrologia e Padronização Técnica na Indústria Brasileira de Etanol Combustível	169
6.1 - Introdução	169
6.2 - Disparidades nas especificações técnicas internacionais e obstáculos ao comércio: a visão da indústria	171
6.3 - Metrologia e padronização técnica: uma análise sobre a Tecnologia Industrial Básica adequada à indústria de etanol combustível	179
6.3.1 - Histórico brasileiro na padronização técnica de etanol combustível	180
6.3.2 - Investimentos em P&D para o desenvolvimento de MRC para etanol combustível	190
6.3.3 - Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis (PBCB)	201
6.4 - Padronização do etanol combustível no mercado internacional	204
6.5 - Conclusão	211
Conclusão	213
Referências Bibliográficas	222
Glossário	232
Anexo I – Relação de Entrevistados	234
Anexo II – Guias de Entrevistas	235

LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS, QUADROS E FIGURAS

TABELAS

Tabela 4.1	Custos de produção de etanol anidro em países selecionados	115
Tabela 4.2	Oferta interna de energia: Brasil, 2006 e 2007	128
Tabela 5.1	Exportações brasileiras de etanol (1989-2007)	159
Tabela 6.1	Inmetro: investimentos em P&D na Metrologia Química, com ênfase para etanol combustível	194
Tabela 6.2	Laboratórios de ensaios acreditados pelo Inmetro segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (escopo inclui álcool etílico combustível)	199

GRÁFICOS

Gráfico 1.1	Modelo clássico de difusão: curva em S	27
Gráfico 4.1	Estruturas de oferta interna de energia: Brasil, Mundo e OCDE	129

QUADROS

Quadro 1.1	Uma classificação de base-tecnológica para firmas	19
Quadro 2.1	Medições rastreáveis	65
Quadro 2.2	Padrão Físico <i>vis-a-vis</i> Padrão Químico (ou Material de Referência)	70
Quadro 4.1	Legislações brasileiras sobre adição do álcool à gasolina: de 1931 a 2002	117
Quadro 6.1	Especificações técnicas para álcool anidro (ASTM, Nybot, Suécia, Europa e ANP)	173
Quadro 6.2	Brasil: especificações técnicas para etanol combustível (anidro e hidratado), entre 1979 e 2008	182
Quadro 6.3	Especificações do AEAC e do AEHC (Resolução ANP 36/2005)	187
Quadro 6.4	Laboratórios de ensaios acreditados pelo Inmetro segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (escopo inclui álcool etílico combustível), por parâmetro analisado	199
Quadro 6.5	Especificações técnicas para etanol combustível: comparação entre os principais mercados (Brasil, EUA e UE)	207

FIGURAS

Figura 1.1	A influência de políticas governamentais sobre a inovação	40
Figura 2.1	Relação sinérgica entre ambientes: Metrologia, Padronização Técnica, Avaliação da Conformidade e Acreditação	76
Figura 2.2	O modelo interativo de regulação-inovação	83
Figura 2.3	Relação sinérgica entre ambientes: Metrologia, Padronização Técnica, Avaliação da Conformidade e Acreditação – uma análise sob a ótica nacional	90
Figura 2.4	Padronização Técnica no Brasil: inter-relação entre Agência Reguladora, ABNT e Inmetro	91
Figura 5.1	Sistema Setorial de Inovação para Etanol Combustível	140
Figura 6.1	Estratégias em TIB para Biocombustíveis	189

O único sentido que vislumbro para conferir valor à existência de um homem fundamenta-se no desenvolvimento de sua capacidade de pensar e imaginar, para que possa estar em condições de se libertar do pensamento corriqueiro e criar o seu próprio.

Heberti Rodrigo

INTRODUÇÃO

Em todos os aspectos de uma sociedade estão presentes, de forma tênue e igualmente abrangente, alguns mecanismos que permitem a realização de comparações entre os mais distintos atributos, concedendo garantia e confiabilidade aos processos produtivos e às trocas comerciais. Estes mecanismos estão relacionados à metrologia – a ciência das medições – e ao processo de padronização técnica.

Atividades que envolvem tais temas vêm sendo discutidas desde tempos remotos, dado o entendimento de sua importância estratégica como instrumento de poder entre as mais diversas nações. As mais antigas civilizações já apresentavam uma preocupação em prover, de forma acurada, medições a diferentes aspectos do cotidiano – como a noção de temperatura, de tempo, de valores monetários, de peso e de distância –, com expressivas influências sobre todos os ramos econômicos – agricultura, comércio, extração, serviços e indústria.

Nessa última, torna-se premente não apenas o caráter fundamental da metrologia, mas também dos padrões técnicos, que documentam a atividade produtiva, adicionando qualidade e garantia a todos os processos. As funções desempenhadas pelos padrões vão além, dada a sua capacidade na provisão de compatibilidade, de interoperabilidade e de informação, na sistematização e redução de custos da produção, bem como na redução da variabilidade e outros aspectos que afetam a qualidade de produtos e serviços.

Na base desse processo está a metrologia, permitindo a mensuração de cada etapa do processo produtivo, avaliando o atendimento a cada padrão técnico, bem como promovendo a necessária calibração¹ dos instrumentos utilizados na medição e em toda a produção, evitando perdas

¹ Calibração pode ser entendida como a realização de repetidas medições no intuito de comparar determinado instrumento de medição a um padrão de medição de maior exatidão, verificando, dessa forma, seu desempenho na realização das medições necessárias (SENETRA e MARBAN, 2007, p. 63).

geradas por medições equivocadas. Toda a temática da metrologia e da padronização técnica enseja questões complexas e necessita do devido tratamento e análise.

A metrologia, ademais, possui em seu cerne uma íntima relação com a ciência e a tecnologia (C&T), bem como exige vultosos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), dado o imperativo de avançar nos campos de sua aplicação (Física, Química, Biologia, dentre outros), incessantemente buscando a forma mais acurada de realizar as medições necessárias.

O caráter de bem público inerente aos investimentos demandados nos mais diversos campos da metrologia impõe importantes desafios ao papel do Estado no que diz respeito ao fornecimento de sólida base metrológica e laboratorial. No campo da metrologia industrial, o mesmo transmite à indústria os devidos avanços obtidos pela metrologia científica, e no campo da metrologia legal, atua regulando as atividades de forma a promover uma relação mais equânime entre produtores e consumidores, bem como a segurança e saúde humana e a proteção do meio-ambiente.

O processo de padronização técnica se desenvolve em consonância à inter-relação entre as esferas privada e pública, que se complementam sustentadas sobre a base metrológica. A primeira ocorre de forma voluntária, pelos produtores interessados na garantia de um processo produtivo mais eficiente e de maior qualidade, embutindo em si uma escolha tecnológica – e aquele que lograr influenciar de forma significativa o padrão vigente, modificando-o, ou mesmo substituindo-o por outro, será beneficiado pelo advento de uma vantagem frente aos demais produtores.

E nesse momento entra a esfera do poder público, de cunho compulsório, que, por um lado, deve evitar que poderes de monopólio sobre o padrão vigente prejudiquem a atividade produtiva e, por outro, deve atuar como agente regulador – nesse caso regulamentador –, traduzindo em regulamentos técnicos interesses da sociedade como um todo.

Esse aspecto dual do Estado no fornecimento da infra-estrutura metrológica sólida, bem como na regulamentação técnica, torna o papel de políticas públicas para o tema condição estratégica

em qualquer política industrial e tecnológica. Efeitos sobre a competitividade e sobre o processo inovativo devem ser analisados em maior profundidade, o que suscita vasto campo para pesquisas. Entretanto, debates sobre tal temática ainda não têm presença mais contundente nas análises econômicas, especialmente no que se refere ao contexto nacional, a exemplo do que ocorre em outros países de industrialização recente, e diferentemente de países mais avançados, onde o tema já possui papel de destaque na formulação de políticas e também em pesquisas do campo da ciência econômica.

A necessidade de conceder maior importância ao tema em países menos desenvolvidos aparece em um contexto em que novos mecanismos são buscados, voltados à proteção de mercados domésticos. Num contexto de tarifas cadentes, abre-se espaço para instrumentos mais sutis de proteção, como as ‘barreiras técnicas’, derivadas de especificações técnicas mais restritivas que o necessário para atingir um objetivo legítimo – seja referente a requisitos de saúde, proteção ambiental, segurança do consumidor, dentre outros. Esse novo tipo de proteção impõe entraves particularmente a países com menor infra-estrutura tecnológica, que devem, portanto, atentar para a necessidade de construção dessa infra-estrutura.

Voltada a introduzir a temática nas análises econômicas entre os pesquisadores brasileiros e chamar a atenção para seu caráter estratégico, o objetivo central da tese é analisar o papel do Estado na criação e seleção de oportunidades tecnológicas por meio de atividades que envolvem metrologia e padronização técnica como ferramentas para a competitividade e inovatividade industrial em um SI (especificamente no sistema de inovação para etanol combustível). Defende-se que esse papel exerce uma gama de complexas influências sobre os processos de geração e de difusão de inovações tecnológicas e, em última instância, sobre a competitividade, que deverão ser aqui estudadas. A pergunta de tese, utilizada para nortear a pesquisa a ser conduzida, consiste em: ‘quais as influências do papel do Estado como agente na metrologia e na padronização técnica sobre um dado SNI?’.

Em um aspecto geral, admite-se que essas influências sobre a atividade inovadora estão abarcadas em dois grupos – de natureza indutora e como mecanismo de criação de oportunidades (GREGERSEN, 1992). O primeiro grupo diz respeito ao Estado como fornecedor de investimentos em P&D no campo da metrologia, por meio do desenvolvimento de tecnologias mais tarde transferidas à indústria. O segundo, por sua vez, está relacionado à exigência de atendimento a regulamentos técnicos que podem criar oportunidades para as firmas de um dado país, especialmente quando se antecipa alguma exigência que mais tarde é também adotada no mercado externo, criando uma vantagem de *first-mover* à indústria nacional. Em ambos os casos, os efeitos sobre a geração e a difusão de inovações tecnológicas devem ser avaliados, sob risco de que políticas mal-formuladas ou introduzidas em atraso venham a prejudicar a competitividade das firmas.

Temas que cercam o conceito de inovação tecnológica, por sua vez, vêm sendo alvo de recorrentes debates não apenas na literatura econômica, como nas agendas de política nos mais diversos contextos. Apesar das ressalvas que devem ser realizadas acerca de uma utilização retórica do conceito, e de equivocadas e simplistas idéias associadas às discussões sobre o assunto, sua importância não pode ser subestimada. Em paralelo, é necessário, além de dirimir tais idéias equivocadas, avançar em alguns aspectos sobre o tema que não vêm sendo alvo do merecido tratamento para um melhor entendimento sobre a dinâmica do processo inovativo.

Uma das idéias simplistas e equivocadas refere-se àquela que considera que políticas pró-inovação em países em desenvolvimento devem estar voltadas à promoção da importação de tecnologia do exterior, a expensas dos investimentos locais, especialmente aqueles em P&D². É imperativo, ademais, avançar na compreensão do processo inovativo em seu nível sistêmico, mediante o qual a introdução de uma dada inovação no mercado deve ser encarada como resultado

² A esse respeito vale citar a célebre frase do ex-secretário de Defesa dos EUA e ex-presidente do Banco Mundial, Robert McNamara: “a melhor maneira de manter um povo pobre e subdesenvolvido é fornecer-lhe tecnologia pronta.” Disponível em <http://www.terra.com.br/istoe/1630/brasil/1630_voz_na_contra_mao.htm>. Acesso em 18/04/2008.

da atuação de um sem-número de entidades, organismos, instituições e atores, cujos escopos assumem desde um caráter formal ao mais informal.

A abordagem de SNI, que procura, justamente, contribuir para a superação de análises mais simplistas sobre o processo inovativo, chamando a atenção para a complexidade envolvida em todo processo, será a abordagem adotada nesta tese. Essa perspectiva, em suas contribuições mais legítimas, procura analisar aspectos essenciais de um bem-sucedido SNI, deixando as características intrínsecas e os principais aspectos relacionados à sua construção aos formuladores de política de cada país, de acordo com suas especificidades e particularidades.

Vantagem adicional dessa abordagem é a possibilidade de que políticas públicas sejam delineadas de modo a permitir a promoção e a evitar a imposição de restrições sobre o processo inovativo, em sua plenitude, diante de sua relevância estratégica, uma vez que o governo aparece como um agente responsável por conceder coerência global ao SNI (DALUM, JOHNSON e LUNDVALL, 1992).

A proposta da tese está em consonância ao argumento acima, considerando o governo como agente responsável pela coerência global do sistema, o que se sustenta ocorrer sob diferentes perspectivas. Destaque será concedido ao seu papel na padronização técnica (via regulamentação) e na metrologia, atividades que estão intimamente relacionadas.

O processo de padronização técnica, especialmente quando considerado sob a perspectiva da regulamentação técnica – sob a égide estatal, portanto – vem sendo comumente associado à imposição de um entrave ao dinamismo inovador, diante da necessidade de arcar com os custos de adequação ao regulamento. Sustenta-se aqui que esse tipo de argumento salienta a necessidade de uma maior atenção de formuladores de política para que se atenham a esse fato e que, ao exercerem seu poder regulamentador, atendendo a interesses sócio-ambientais, procurem também evitar que entraves sejam impostos sobre a atividade econômica. Por outro lado, defende-se, ademais, que

existem também possibilidades para que políticas bem-delineadas suscitem oportunidades para a atividade inovadora. De ambos os argumentos conclui-se haver importantes desdobramentos para a formulação de política.

No que diz respeito à temática da metrologia no contexto específico de SNI, tal relação não vem sendo alvo de muitos debates. Merece destaque a contribuição de Freeman (1992), ao sustentar que, em seu processo de *'catching-up'* frente ao Reino Unido, ao final do século XIX, EUA e Alemanha obtiveram êxito, dada a relevância de instituições científicas e técnicas formais, com destaque para seus 'institutos de padrões' (institutos nacionais de metrologia-INM, para uma definição mais precisa). Cita, por exemplo, o INM alemão (*Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB*), criado em 1887, estabelecido como um instituto robusto, cujas atividades vêm sendo marcadamente intensivas em P&D. O estabelecimento, pelo Reino Unido, de seu instituto (o *National Physical Laboratory – NPL*) apenas 10 anos depois, foi considerado pelo autor um dos fatores fundamentais para o seu atraso frente à Alemanha e EUA.

Nessa mesma linha de argumentação, percebe-se o atraso brasileiro, cujo primeiro instituto de metrologia (Instituto Nacional de Pesos e Medidas, o INPM) como será visto, foi criado apenas em 1961, sem um forte investimento na área científica. Tentativas de preenchimento dessa lacuna só passaram a ser envidadas a partir de 1973, com a criação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), e a maior intensidade em P&D, de caráter formal, mais especificamente, só passou a perpetrar esse Instituto, de fato, a partir do início do século XXI – ou seja, cerca de 100 anos depois de seus congêneres alemão, norte-americano e inglês.

O interesse por tais questões vem sendo consolidado desde o contato inicial da autora com o tema, em 2002. A partir de então se pôde acumular conhecimento sobre a área, por meio da participação em importantes discussões que a permeiam, tanto em âmbito nacional quanto internacional, ao longo de seis anos de experiência profissional no Inmetro, organismo brasileiro

responsável por atuar e traçar diretrizes para variadas áreas que compõem a metrologia e a padronização tecnológica sob a esfera estatal.

Esse acúmulo de experiência, aliado à constatação de escasso conhecimento sobre o tema e suas implicações econômicas, contribui para a consolidação de condições específicas para uma bem-sucedida pesquisa sobre algumas questões com as quais a autora vem se deparando neste período, em especial no que tange o papel da metrologia e da padronização no processo de geração e difusão de tecnologias inovadoras, elemento vital como base da competitividade.

Para discutir as questões acima colocadas, a metodologia escolhida foi o desenvolvimento de estudo de caso sobre as influências dessas atividades sobre a competitividade e inovatividade de uma determinada indústria. Dentre os diversos casos com os quais se deparou durante a experiência profissional, diante da atual importância estratégica da indústria brasileira de etanol combustível, que vem adquirindo projeção internacional, para a qual a própria questão da padronização do produto adquire maior relevância à medida que seu processo de internacionalização evolui, escolheu-se essa indústria como representativa para a condução do estudo de caso.

Para uma breve contextualização sobre a indústria objeto de estudo de caso, alusões devem ser realizadas ao tema biocombustíveis – categoria na qual o etanol combustível está inserido e, portanto, sobre a qual são travados os debates que circundam o produto. O recente interesse mundial acerca desse assunto está atrelado a dois aspectos que devem ser ressaltados: o ambiental e o da economia da energia.

O primeiro está inserido num contexto de crescentes preocupações e pressões da comunidade de meio-ambiente sobre o ritmo de degradações ambientais, diante de pesquisas que indicam dados alarmantes para o nível de aquecimento global e de poluição. O debate sobre as questões ambientais foi arrefecido durante o ano de 2007, diante da elaboração do ‘Quarto Relatório de Avaliação’ do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (*Intergovernmental Panel on*

Climate Change - IPCC)³, quando foi reforçada a necessidade de redução de emissão de poluentes, mas foram também realizadas ressalvas sobre a contribuição dos biocombustíveis nesse processo.

Os aspectos afetos à economia da energia, sob outro prisma, compõem o centro de uma das questões mais estratégicas para o desenvolvimento de um dado país. Os debates que cercam o tema biocombustíveis vêm, nesse contexto, sendo intensificados, especialmente diante da percepção de o petróleo representar fonte de energia esgotável num curto horizonte de tempo, percepção esta que vem se concretizando desde a década de 1970, a partir da denominada crise do petróleo. Desde então, o mercado desta *commodity* vem enfrentando diversas instabilidades, como os sucessivos recordes de aumento no preço do barril de petróleo observados tanto em 2007 quanto em 2008, reacendendo a preocupação de países importadores, que passam a buscar, então, estratégias voltadas à redução de sua dependência sobre este tipo de combustível. A discussão sobre formas alternativas de geração de energia, especialmente aquela voltada a fontes renováveis, é consequência direta desta preocupação.

É neste contexto que as discussões sobre biocombustíveis se acentuaram, por consistirem em estratégia alternativa bastante satisfatória, dada sua capacidade de gerar energia via agricultura, representando, portanto, um conjunto quase ilimitado de fontes de possível utilização. Sua maior presença no cenário internacional, ou seja, a sua '*comoditização*', somente será possível, entretanto, diante da superação de alguns entraves. Em primeiro lugar, é necessária a garantia de abastecimento do combustível, o que só pode ser assegurado com a existência de um número elevado de produtores e fornecedores. Em segundo lugar, é imperativo que existam padrões técnicos bem definidos para os produtos.

³ O IPCC foi criado em 1988 e elabora relatórios de avaliação sobre mudança climática regularmente, cuja divulgação é realizada em quatro partes ao longo do ano. Um dos grandes marcos de sua atuação se deu quando da elaboração de seu segundo relatório, no ano de 1995, que proveu subsídios para a posterior negociação, assinatura e ratificação do Protocolo de Quioto, entre os anos de 1997 e 1999, tendo entrado em vigor oficialmente em fevereiro de 2005, após ratificação da Rússia. Basicamente, o Protocolo estipula níveis de redução de emissão de carbono aos quais os países desenvolvidos deverão se ajustar, até o ano de 2012 (mais informações disponíveis em <<http://www.ipcc.ch>>).

No tocante a esses entraves, é notório o patamar mais avançado do etanol combustível, daí sua escolha como foco do estudo de caso da presente tese, para efeito de delimitação do tema. A experiência brasileira de mais de 30 anos na produção do combustível permitiu que o país alcançasse importante posição de liderança, ocupando o segundo lugar como produtor de etanol – EUA há dois anos tornou-se o primeiro produtor mundial do combustível – tendo atingido grau de maturidade tecnológica para a produção de etanol, com forte base em investimentos em P&D e em inovação tecnológica.

Estratégias vêm sendo traçadas, no sentido de minorar os entraves mencionados. Por um lado, o aumento de produtores em nível mundial vem sendo buscado por meio de mecanismos de transferência de tecnologia; por outro, diversas frentes vêm sendo conduzidas no intuito de avançar no estabelecimento de padrões técnicos internacionais para etanol combustível. E é o segundo conjunto dessas estratégias que comporá o cerne da proposta da tese, como ilustração do pressuposto assumido, da importância da metrologia e da padronização técnica para a competitividade e a inovatividade. Espera-se, desse modo, contribuir para um avanço no entendimento do processo de geração e de difusão de inovações, com conseqüentes efeitos sobre a competitividade, introduzindo novos mecanismos que devem ser considerados quando da elaboração de políticas públicas pró-inovação e da construção de SNI.

A tese está estruturada em duas partes – a primeira, teórica, e a segunda, empírica. Na primeira, composta por dois capítulos, serão levantados os pressupostos teóricos que comporão base de sustentação para o posterior estudo de caso a ser conduzido na parte empírica da tese.

O Capítulo 1 é dedicado a uma discussão teórica sobre o tema inovação tecnológica como importante componente para o crescimento e o desenvolvimento econômico, dada sua relação com o fator competitividade. É neste momento que serão apresentadas as contribuições de alguns dos mais emblemáticos autores que se debruçam sobre o tema, iniciando-se com Joseph Schumpeter e

chegando àqueles associados à denominada abordagem de SNI, abordagem teórica a ser utilizada para efeitos da análise a ser conduzida na tese. É também nesse capítulo que serão discutidos aspectos referentes ao processo de difusão da inovação, que, conforme sustentado aqui, não pode ser dissociado do próprio processo inovativo, em oposição a algumas abordagens mais conservadoras que defendem argumento contrário. Ou seja, ao fazer referência ao conceito de ‘processo inovativo’, por diversas vezes utilizado ao longo da tese, entende-se que a própria difusão está nele englobada. O papel do Estado e de políticas públicas pró-inovação, em especial sob a perspectiva de países em desenvolvimento, será destacado nesse processo, com ênfase sobre um dos aspectos menos analisados na literatura sobre o tema – a influência da padronização técnica como mecanismo fundamental não apenas no ambiente de seleção das inovações e para a difusão, mas também na criação de oportunidades para inovações futuras.

E é justamente uma análise mais teórica sobre o processo de padronização técnica que compõe a base do segundo referencial teórico da tese, objeto de estudo do Capítulo 2. É nesse momento que serão apresentados histórico e contextualização sobre o tema, discutindo ainda a sua relação com diferentes esferas, como a econômica, a do comércio internacional e a do processo inovativo. No nível mais específico, o foco recai sobre o papel do Estado, atuando em duas frentes – a elaboração de regulamentos técnicos, que embutem em si uma escolha tecnológica, e a condução de atividades relacionadas à metrologia, base de sustentação de todo o processo de padronização técnica. O caráter estratégico dessas duas frentes será ressaltado, especialmente para a construção da infra-estrutura técnica necessária à promoção de competitividade sistêmica, componente de extrema relevância num dado SNI. Com o objetivo de melhor ilustrar a importância da proposta, a experiência brasileira na construção da tecnologia industrial básica (TIB) será apresentada.

Após a discussão teórica da primeira parte da tese, inicia-se a Parte 2, de caráter eminentemente empírico. Para conduzir o estudo de caso proposto – acerca da indústria brasileira de etanol combustível –, o Capítulo 3 é dedicado à apresentação dos aspectos metodológicos da pesquisa, onde são esmiuçadas todas as etapas percorridas na tese, desde a realização de pesquisas bibliográficas, até a realização de entrevistas com os principais atores envolvidos no tema objeto da tese, englobando o arcabouço teórico e o estudo de caso. É também nesse momento que será apresentado o conjunto de definições empregadas ao longo de toda a pesquisa.

Os três capítulos seguintes dedicam-se ao estudo de caso propriamente dito – correspondendo a uma análise das influências do processo de padronização técnica sobre o SNI, a partir de apontamentos sobre a indústria brasileira de etanol combustível.

No Capítulo 4, é realizada uma breve exposição dessa agroindústria, como integrante da agroindústria canavieira nacional. Ainda que o estudo de caso esteja direcionado a uma análise que compreende os acontecimentos mais contemporâneos – iniciados mais intensamente a partir do processo de internacionalização ocorrido no começo do presente século – faz-se necessário retomar alguns aspectos de seu histórico, desde o advento do Proálcool na década de 1970, bem como apresentar alguns entraves que acompanham a evolução do setor, como aqueles relativos às críticas direcionadas às questões sócio-ambientais que permeiam suas atividades⁴.

⁴ Vale ressaltar que não se encontra, dentre os objetivos da pesquisa defender ou se contrapor às alegações de que a produção de biocombustíveis – ou de etanol combustível – ensejam aspectos sócio-ambientais negativos. As questões que permeiam esse tópico têm utilidade apenas para demonstrar alguns aspectos adicionais da importância do tema padronização técnica.

A seguir, o Capítulo 5 dedica-se à análise específica da capacidade inovadora da agroindústria de etanol combustível. Diante dos aspectos teóricos levantados no Capítulo 1, serão apresentados alguns aspectos do denominado ‘Sistema Setorial de Inovação para Etanol Combustível’, com a descrição da atuação de alguns dos mais importantes componentes do sistema. Ademais, com o objetivo de demonstrar a capacidade inovadora da agroindústria canavieira, contrariando hipóteses simplistas que associam desempenho inovativo apenas aos ramos industriais mais avançados, serão realizados apontamentos acerca da taxionomia proposta por Bell e Pavitt (1993), relacionada à categorização de firmas de acordo com a dinâmica de sua acumulação tecnológica. Será defendido na presente tese que, ainda que não de forma estanque – e a despeito dos riscos ensejados em qualquer tipo de categorização – a dinâmica de acumulação tecnológica da indústria de etanol combustível mais se assemelha, como será defendido, à categoria de ‘firmas dominadas pelo fornecedor’. É dessa forma que, ainda que inovações sejam introduzidas em demais elos da cadeia, a maioria das inovações advém de fornecedores de matéria-prima, de insumos e de bens de capital.

Ademais, será demonstrada nesse Capítulo a forma como acontecimentos recentes na indústria – no contexto de desregulamentação por que passou o setor a partir de fins da década de 1990 – a colocam naqueles casos em que o processo de acumulação tecnológica vem permitindo evolução que possibilita que inovações mais dinâmicas e complexas sejam introduzidas, o que se sustenta ser um dos principais fatores associados ao aumento da competitividade dessa indústria nos últimos anos.

No Capítulo 6 serão apresentados os resultados das evidências coletadas durante a condução do estudo de caso – histórico, evolução e contextualização do processo de padronização técnica na indústria brasileira de etanol combustível, com destaque para os principais agentes que atuam no processo, especialmente no que se refere ao papel do Estado. Dada a amplitude do tema, a ênfase da discussão se voltará àqueles aspectos necessários à padronização do etanol combustível, condição

imperativa à sua elevação ao *status* de *commodity* internacional. Para tanto, será demonstrada a evolução recente no campo da metrologia científica, com ênfase nos desdobramentos das aplicações no campo da Metrologia Química, área essencialmente intensiva em P&D. Ao longo das discussões desenvolvidas, será evidenciada a relação entre padronização técnica e competitividade, bem como de suas influências sobre o processo inovativo, destacando sua importância no SSI de etanol combustível.

Nas conclusões da tese, serão apresentados os principais resultados alcançados pela pesquisa. Nesse momento serão concedidas algumas contribuições de caráter normativo, direcionadas à elaboração de políticas públicas futuras, voltadas à promoção da competitividade por meio da construção de SNI sustentáveis – com a devida demonstração das influências exercidas pelo Estado enquanto regulamentador. Procura-se chamar a atenção para o fato de que se, por um lado, políticas de regulamentação bem formuladas podem exercer impactos positivos sobre o processo inovativo, por outro, delineamentos equivocados ou delongas na formulação das mesmas podem alijar setores e indústrias do mercado competitivo, impondo pesados ônus sobre a atividade inovadora.

Ao final da tese serão fornecidas as referências bibliográficas utilizadas, um glossário, para facilitar o entendimento de alguns termos técnicos empregados ao longo da pesquisa, além da relação dos entrevistados, bem como dos guias das entrevistas realizadas, constantes dos Anexos I e II, respectivamente.

PARTE I – REFERENCIAL ANALÍTICO

CAPÍTULO 1: INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E O PAPEL DO ESTADO REGULAMENTADOR

1.1 Introdução

O papel crucial da inovação para a dinâmica da economia capitalista vem ao encontro de uma interpretação na qual disparidades quanto ao nível de desenvolvimento tecnológico são entendidas como as raízes para explicar o próprio desnível de desenvolvimento econômico entre países. Conforme sustentado por Dosi (*apud* HAGUENAUER, 1989), a composição dos fluxos de comércio pode ser basicamente explicada pelo padrão de liderança/defasagem tecnológica, como resultantes de hiatos tecnológicos que constituem, por sua vez, o aspecto dominante de um sistema econômico internacional caracterizado pela aprendizagem tecnológica, inovação e imitação ao longo de trajetórias tecnológicas do progresso.

Análises mais recentes sobre crescimento e desenvolvimento requerem detalhado entendimento sobre a geração e a difusão de inovações tecnológicas, assim como sobre o ambiente institucional em que os agentes estão inseridos e que constroem e guiam tanto a coordenação microeconômica como a mudança tecnológica (DOSI *et al.*, 1994).

A preocupação que norteia a análise teórica a ser conduzida no presente Capítulo está resumida na idéia introduzida no parágrafo anterior – a necessidade de explorar os mecanismos institucionais que atuam no processo inovativo de forma global, considerando-se tanto aspectos referentes à geração de inovações tecnológicas como também à sua difusão – este último considerado para efeitos do presente trabalho como processo não dissociável do próprio processo

inovativo e cujas influências sobre o ritmo contínuo de introdução de inovações devem merecer a devida atenção.

Dentre tais mecanismos institucionais, o destaque da análise que se segue recai sobre o papel do Estado na padronização técnica, atuação que exerce uma gama de complexas influências sobre o processo inovativo. Primeiramente, encontram-se os investimentos em P&D no campo da metrologia científica, formando a base de sustentação da padronização técnica, bem como abrindo oportunidades para o surgimento de novas tecnologias que venham a ser posteriormente transferidas à indústria. Em seguida, está a sua atuação na definição de marcos regulatórios fundamentais para a seleção das inovações tecnológicas mais adequadas, de acordo com os interesses da sociedade, e também para a sua posterior difusão.

Dada a especificidade do objeto em questão, e a necessidade de discuti-lo mais amplamente no âmbito da denominada ‘Economia da Inovação’, propõe-se o presente Capítulo que procurará focar no primeiro nível analítico necessário para a compreensão da problemática colocada e que comporá um dos alicerces do arcabouço teórico da tese – o processo de geração e de difusão de inovações tecnológicas. Para tanto, faz-se necessário retomar as contribuições de emblemáticos autores que se dedicaram ao tema, iniciando-se com o precursor Joseph Schumpeter e avançando até contribuições mais recentes, como a abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), que será utilizada como abordagem teórica para a análise a ser desenvolvida ao longo da pesquisa.

O papel do Estado no SNI, bem como sua importância para a competitividade, constituirá ponto fundamental, admitindo-se sua relevância, especialmente no caso de países menos desenvolvidos. Nesse sentido, o presente Capítulo introduzirá a importância de duas faces inter-relacionadas da atuação de políticas de regulamentação técnica num SNI – o caráter indutor do fornecimento de investimentos em metrologia e em padrões técnicos e a criação de oportunidades

para a geração e difusão de inovações por parte de tais políticas – a serem exploradas em maior detalhe no Capítulo 2.

1.2 Inovações tecnológicas: de Schumpeter à abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

O tratamento da inovação como elemento teórico central foi introduzido pelo economista Joseph Schumpeter, que associou o conceito à busca empresarial pela obtenção de lucros extraordinários. Partindo de análise sobre o caráter evolutivo do capitalismo, Schumpeter (1934) sustenta que este sistema econômico apenas pode se perpetuar por meio da criação, por parte da empresa capitalista, de novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novas tecnologias, novos mercados e novas formas de organização industrial.

É nesse sentido que Schumpeter (*op. cit.*) introduz o conceito de ‘destruição criativa’, processo que representa o “fato essencial acerca do capitalismo, [que] incessantemente revoluciona a estrutura econômica *a partir de dentro*, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova” (p. 113, grifos no original).

A partir do momento em que a inovação é introduzida no mercado, seu empresário experimentará lucro monopolista temporário, que representa o prêmio oferecido pela sociedade ao inovador bem-sucedido (SCHUMPETER, *op. cit.*). A partir daí tem início uma dinâmica de alteração das rotinas da firma e a obtenção de papel de liderança perante seus concorrentes, quando então se seguem dois novos processos – o de imitação e o de difusão daquela inovação para demais firmas, indústrias e até mesmo mercados.

Esse processo representa o que Schumpeter denomina de ‘liderança contra sua própria vontade’, uma vez que o empresário capitalista acaba por ‘arrastar ao seu ramo outros produtores

atrás de si?. Após o início da difusão, aquele que introduziu a inovação em questão verá seu lucro extraordinário ser eliminado à medida que seus concorrentes passam a adotá-la, e até mesmo a aprimorá-la, ameaçando sua liderança. Segundo Possas (1989, p. 164), tal argumentação proposta por Schumpeter:

“(…) deve ser qualificada nos casos, crescentemente importantes, em que o processo de aprendizado continuado, pela fabricação ou pelo uso, reduz o custo e o risco da inovação significativamente com o tempo, tornando relativamente mais atraente – e rentável – a posição de *latecomer*. Seja como for, a difusão depende sempre da expansão tanto do inovador como dos imitadores”.

A inovação, ademais, deve ser entendida como um fenômeno ubíquo, cujos principais aspectos referem-se à sua gradatividade e cumulatividade, chamando atenção, portanto, para o fato de que inovações futuras dependem daquelas introduzidas no passado (LUNDVALL, 1992a). Especificamente a esse respeito, Freeman (1992) sustenta que qualquer inovação é estabelecida após um longo percurso de contribuições científicas e técnicas precedentes, realizadas ao longo de décadas anteriores e até nos últimos anos de atividade de desenvolvimento, havendo quase sempre insumos de outras firmas, de usuários potenciais, de universidades e de instituições governamentais. Em sua visão, portanto, é quase impossível considerar qualquer inovação mais significativa como o trabalho de um único indivíduo ou de uma única organização.

É importante mencionar a forma pela qual o progresso tecnológico é discutido dinamicamente, como resultante do processo de busca incessante por inovações. Nesse sentido, é necessário identificar os aspectos apresentados pela tecnologia que a tornam fator de mudança econômica estrutural, a saber: “(…) a *oportunidade* de introdução de avanços tecnológicos relevantes e rentáveis; a *cumulatividade* inerente aos padrões de inovação e à capacidade das firmas em inovar; e a *apropriabilidade* provida dos frutos do progresso técnico mediante seu retorno econômico” (POSSAS, 1989, p. 168, grifo nosso).

Mais recentemente, outros autores passam a desenvolver pesquisa em extensão ao pensamento introduzido por Schumpeter. Destacam-se, a seguir, algumas dessas contribuições, que fornecem importantes subsídios para a análise a ser conduzida ao longo desta tese.

1.2.1 A contribuição de Bell e Pavitt: acumulação tecnológica nos diferentes setores

Definida por Bell e Pavitt (1993, p. 163-164) como o processo que permite o aumento ou o fortalecimento das capacidades tecnológicas – entendidas como os recursos necessários à geração e à gestão da mudança técnica –, a acumulação tecnológica (ou aprendizado tecnológico) pode diferir significativamente, quanto ao padrão e ao caminho percorrido, de acordo com as firmas e/ou indústrias analisadas. Os autores identificam, dessa forma, cinco categorias setoriais de firmas com relação ao seu processo de acumulação tecnológica: dominadas pelo fornecedor; intensivas em escala; intensivas em informação; de base científica; e fornecedores especializados. Tais categorias são, então, associadas a diferentes modos de manutenção das bases da competitividade internacional e a processos de evolução intersetorial que altera essas bases ao longo do tempo.

O Quadro 1.1 apresenta, de forma resumida, as principais características de cada categoria, conforme a proposta de Bell e Pavitt (*op. cit.*). Na primeira, a mudança técnica ocorre sob a liderança de fornecedores de máquinas e equipamentos, bem como de outros insumos produtivos. Desta forma, as oportunidades para acumulação tecnológica estão focadas em aprimoramentos e modificações advindas dos métodos produtivos e insumos associados, e, apenas ocasionalmente, no *design* de produtos. A transferência tecnológica, portanto, ocorre incorporada nos bens de capital e outros insumos.

Quadro 1.1 – Uma classificação de base-tecnológica para firmas

Características	Categoria da Firma				
	Dominada pelo Fornecedor	Intensiva em Escala	Intensiva em Informação	Base Científica	Fornecedor Especializado
Tamanho	pequeno	grande	grande	grande	pequeno
Tipo de usuário	sensível ao preço	misto	misto	misto	sensível ao desempenho
Foco da atividade tecnológica	redução de custo	misto	misto	misto	aprimoramento do produto
Fontes de acumulação tecnológica	Fornecedores Aprendizado na produção Serviços de consultoria	Engenharia de Produção Aprendizado na Produção Fornecedores <i>Design</i>	<i>Software</i> corporativo e engenharia de sistemas Fornecedores de <i>software</i> e de equipamentos	P&D corporativa Pesquisa básica Engenharia de produção <i>Design</i>	<i>Design</i> e desenvolvimento Usuários avançados
Direção da acumulação tecnológica	Tecnologia de processo e equipamentos relacionados (<i>upstream</i>)	Tecnologia de processo e equipamentos relacionados (<i>upstream</i>)	Tecnologia de processo e <i>softwares</i> relacionados (misto)	Produtos tecnológicos relacionados (concêntrico)	Aprimoramento de produto (concêntrico)
Canais de imitação e transferência de tecnologia	Compra de equipamentos e serviços relacionados	Compra de equipamentos <i>Know-how</i> , licenciamento e treinamento relacionado Engenharia reversa	Compra de equipamentos e <i>software</i> Engenharia reversa	Engenharia reversa P&D Contratação de engenheiros e cientistas experientes	Engenharia reversa Aprendizado com usuários avançados
Principais métodos de proteção contra imitação	Não-técnico (<i>marketing</i> , marcas)	Segredo de processo <i>Design</i> e <i>know-how</i> operacional	<i>Copyright</i> <i>Design</i> e <i>know-how</i> operacional	<i>Know-how</i> em P&D Patentes <i>Design</i> e <i>know-how</i> operacional	<i>Know-how</i> em <i>design</i> Patentes Conhecimento das necessidades do usuário
Tarefas gerenciais estratégicas	Uso da tecnologia gerada externamente para reforçar vantagens competitivas	Integração incremental de nova tecnologia em sistemas complexos Aprimoramento e difusão de melhores práticas Exploração de vantagens de tecnologia de processo	<i>Design</i> e operação de complexos sistemas de processamento de informação Desenvolvimento de produtos relacionados	Desenvolvimento de produtos relacionados Exploração de ciência básica Obtenção de ativos complementares Reconfiguração de responsabilidades	Monitoramento de necessidades de usuários avançados Integração de novas tecnologias em produtos

Fonte: Elaborado com base em Bell e Pavitt (1993).

A segunda categoria, de firmas intensivas em escala, apresenta padrão de acumulação tecnológica gerada pelo *design*, construção e operação de produtos ou sistemas de produção complexos. Na categoria de firmas intensivas em informação é onde se pode perceber a emergência de nova forma de acumulação tecnológica, resultante de aprimoramentos revolucionários na capacidade de estocar, processar e transferir informação. A categoria de firmas de base científica apresenta padrão de acumulação tecnológica que emerge a partir de laboratórios de P&D, sendo fortemente dependente de conhecimento, de capacidades e técnicas oriundas da pesquisa acadêmica. Finalmente, as firmas fornecedoras especializadas são aquelas responsáveis por prover insumos de alto desempenho para sistemas de produção complexos sob a forma de máquinas componentes, instrumentos ou *software*.

É interessante notar que a classificação proposta não deve ser utilizada de forma a estabelecer rígidas fronteiras entre suas categorias. Uma mesma firma/indústria pode apresentar características comuns a mais de uma categoria proposta. Ademais, ao longo do tempo pode-se perceber a consolidação de uma série de alterações e, em alguns casos, percebe-se que indústrias anteriormente pouco dinâmicas evoluem de forma a apresentarem maior complexidade tecnológica (BELL e PAVITT, 1993, p. 183).

Conforme será debatido no Capítulo 5, sustenta-se que este é o caso da indústria brasileira de etanol combustível, selecionada como estudo de caso desta tese, que, ainda que mantenha características mais próximas da categoria de firmas ‘dominadas pelo fornecedor’ – já que a maioria das inovações advém de fornecedores de máquinas, equipamentos e insumos – algumas semelhanças podem ser percebidas com relação à categoria de firmas intensivas em escala e até aquelas de base científica.

1.2.2. A contribuição de Nelson e Winter: enfoque evolucionário

Também atribuindo à inovação papel crucial para a dinâmica da economia capitalista, a proposta de Nelson e Winter (1982) marca o desenvolvimento formal da abordagem evolucionária, cujo objetivo principal é prover explicação alternativa à teoria da firma elaborada no âmbito da teoria ortodoxa (neoclássica). A idéia central dessa abordagem pode ser entendida, de forma resumida, a partir da seguinte descrição proposta por Possas (1989):

“Tal como a evolução das espécies se dá (na teoria *darwiniana*) por meio de mutações genéticas submetidas à seleção do meio ambiente, as mudanças econômicas – [...] – têm origem na busca incessante, por parte das firmas, como unidades básicas do processo competitivo, de introduzir inovações de processos e produtos – o que teria, em regra, características estocásticas; e estas inovações, por sua vez, seriam submetidas aos mecanismos de seleção inerentes à concorrência e ao mercado” (p. 159, grifo nosso).

Os principais mecanismos do enfoque evolucionário proposto por Nelson e Winter (*op. cit.*), conforme destacado na passagem acima, referem-se aos processos de busca e de seleção. O primeiro inclui atividades relativas à condução de P&D⁵, à realização de testes ou desenvolvimento de estudos, e está intimamente ligado à promoção de invenções e/ou inovações, representando analogia às mutações que ocorrem na teoria biológica. Conceitos fundamentais para esse processo, segundo os autores, referem-se às ‘rotinas’ – que irão exercer, em seu enfoque evolucionário, o papel desempenhado pelos genes na teoria evolucionária da biologia – bem como à sua replicação – transmitindo ‘caracteres’ de uma firma para outra, ou para a mesma firma, que pode se dar ou não por meio da hereditariedade.

A adoção de rotinas representa comportamento cauteloso frente ao ambiente de incerteza no qual as firmas estão inseridas, dado que decisões de investir, particularmente em inovações, são basicamente irrevogáveis. As firmas podem, portanto, optar por modificar rotinas existentes, ou

⁵ Para uma abordagem sobre o histórico da importância das atividades de P&D, ver Freeman (1992).

mesmo procurar por novas rotinas – um esforço essencialmente inovador –, de acordo com sua ‘estratégia de busca’, centrada em P&D, imbuída de elementos aleatórios, tanto na determinação de suas decisões, como nos efeitos resultantes⁶.

Vale enfatizar que, segundo o enfoque proposto, as estratégias concernentes ao processo de busca devem atender a fatores relativos ao lado da demanda e a fatores que influenciam o custo daquela invenção/inação, assim como devem ser ressaltadas a interação e simultaneidade entre os mecanismos de busca e de seleção, que apresentam, ainda, natureza irreversível, contingente e incerta (POSSAS, 1989).

Nelson e Winter (1982) discutem, de forma dinâmica, a questão do progresso tecnológico ao longo do tempo, como resultante do processo de busca incessante por inovações, assumindo que o que se atinge hoje exerce forte influência sobre esforços futuros, imbuídos em um mecanismo de cumulatividade dos avanços tecnológicos em vários setores.

Daí advém o conceito de ‘trajetórias naturais’, elaborado por Nelson e Winter (*op. cit.*), específico a uma tecnologia em particular ou a um ‘regime tecnológico’, definido em termos mais amplos. Ao condicionar o processo de busca por inovações, as trajetórias tecnológicas indicam a existência de *path dependence*, no que se refere às direções possíveis para o progresso tecnológico. Conforme observa Possas (1989), a partir de certo momento, a trajetória tecnológica tende a apresentar retornos decrescentes, como referência a um progressivo movimento de esgotamento. É

⁶ Na visão de Tasse (2004), a P&D caracteriza-se como a categoria de investimento mais importante para uma nação industrializada. Também nessa mesma linha, Cohen e Levinthal (1989) defendem um investimento mínimo em P&D por parte das firmas, para permitir a manutenção de sua capacidade de absorção tecnológica; e, acima desse mínimo, para sustentar sua competitividade. Segundo os autores, a importância da P&D é dada devido a duas facetas dessa categoria de investimentos: a geração de novas informações que podem no futuro vir a representar novos produtos, processos, e, portanto, gerar inovações; e a promoção do aumento da capacidade da firma de assimilar e explorar informações existentes (o que denominam de capacidade de absorção ou de aprendizado), que serão também úteis na geração de inovações. É importante lembrar, ademais, que, apesar da extrema relevância da P&D, não se deve ignorar que o processo de inovação vai além e, portanto, análises centradas unicamente nesse aspecto correm o risco de tornarem-se enviesadas (DOSI, 1982; MYTELKA e FARINELLI, 2000).

dessa forma que os traços mais marcantes do processo de busca por inovações, na visão do autor, são aqueles associados à descontinuidade e mudança, em oposição a uma evolução firme.

O sucesso do processo de busca manifesta-se na inovação bem-sucedida, traduzida em um produto amplamente aceito no mercado. De acordo com o resultado – se positivo ou negativo em relação às expectativas – decide-se adotar ou não aquela inovação. É neste momento que se dá início ao segundo mecanismo do enfoque evolucionário de Nelson e Winter (1982) – o processo de seleção.

Após a decisão, pela firma, de adotar aquela inovação em questão, será analisada a sua estratégia competitiva, de escopo mais ampliado, atuando como um mecanismo análogo ao processo de seleção natural presente na teoria genética. Essa atuação será exercida, mormente, por aqueles responsáveis por selecionarem as firmas bem-sucedidas daquelas que não o são: o mercado, o próprio processo de concorrência decorrente e os padrões de regulação – nestes últimos está compreendido o foco de análise da tese.

Portanto, aspecto essencial para determinar a lucratividade e, conseqüentemente, sobrevivência, de uma inovação não é apenas aquele relativo aos objetivos das firmas, mas diz respeito também aos mecanismos de monitoramento que agem na seleção, e aqui interesse especial é dirigido às políticas de regulamentação técnica que irão influenciar o desempenho da inovação introduzida, induzindo ou restringindo o comportamento da firma. Nesse sentido, não são somente motivações relativas ao lucro que prevalecem na seleção; sua natureza é de escopo mais ampliado e envolve parâmetros de mensuração mais complexa, como a garantia da qualidade, da segurança, da saúde e da proteção ao meio-ambiente.

1.2.3 A abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)

Freeman (1982) foi o primeiro autor a utilizar o conceito de ‘Sistema Nacional de Inovação’, ao enfatizar justamente a importância da infra-estrutura tecnológica para a competitividade internacional. Nessa abordagem, ênfase é dedicada à natureza complexa dos agentes que exercem influência sobre o processo inovativo como um todo – incluindo a geração, a seleção e a difusão das inovações. De acordo com essa proposta, a dinâmica da inovação deve ser entendida como um processo dependente não apenas da capacidade inovativa das firmas individuais, mas também de como estas interagem entre si e com outros atores. Nas palavras de Cassiolato e Lastres (2005, p. 38):

“Sistemas de inovação são conceituados como um conjunto de instituições distintas que contribuem para e afetam o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade. Constituem-se de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso do conhecimento. (...) Entende-se, deste modo, que os processos que têm lugar no nível da firma são, em geral, gerados e sustentados por suas relações com outras empresas e organizações, ou seja, a inovação consiste em um fenômeno sistêmico e interativo, caracterizado por diferentes tipos de cooperação”.

A definição de Lundvall (1992a, p. 2) inclui a dimensão nacional ao conceito:

“Um sistema de inovação é constituído de elementos e relações que interagem para a produção, difusão e uso de novo, e economicamente útil, conhecimento; e o sistema nacional compreende elementos e relações localizadas ou originadas dentro das fronteiras de um estado nacional” (tradução nossa).

Segundo esse autor, portanto, um SNI exerce importante papel no apoio e no direcionamento dos processos de inovação e de aprendizado, diante das incertezas inerentes ao primeiro e da importância do segundo, o que exige uma complexa comunicação entre as partes envolvidas.

Com relação às perspectivas analíticas sobre SNI, Lundvall (1992a, p. 12) distingue dois tipos – uma visão estreita e uma ampliada. A primeira inclui apenas organizações e instituições associadas à busca e à exploração – como departamentos de P&D, institutos tecnológicos e universidades. A definição ampla de SNI inclui todos os integrantes e aspectos da estrutura econômica e do arcabouço

institucional que afetam o aprendizado bem como os processos de busca e de exploração – os sistemas produtivo, de mercado e financeiro, por exemplo, são considerados como subsistemas onde o aprendizado ocorre.

É interessante notar que a abordagem de Sistemas de Inovação vem sendo utilizada por diferentes analistas e sob os mais diversos níveis de análise – regionais, locais, setoriais⁷. A esse respeito vale esclarecer que, para efeitos da presente tese, ainda que o objetivo seja analisar o papel do Estado enquanto agente nas atividades que envolvem metrologia e padronização técnica em um dado SNI em seu escopo mais ampliado, durante a condução do estudo de caso a dimensão setorial será mais adequada para utilização. Isso se dá diante da escolha recair sobre a experiência brasileira em etanol combustível, cabendo, portanto, a utilização da perspectiva de ‘sistemas setoriais de inovação’ (SSI) (MALERBA, 2003). Nesse sentido, dois níveis analíticos serão utilizados na condução da pesquisa – o da dimensão setorial, realizando apontamentos sobre o SSI de etanol combustível, e o da dimensão nacional, utilizando os desdobramentos analíticos daquele para formulação de políticas voltadas à construção de SNI, em escopo mais ampliado.

Vale apresentar, nesse momento, o conceito do que de fato entende-se como inovação para efeitos do presente trabalho. De acordo com Mytelka e Farinelli (2000, p. 3), a inovação deve ser estendida além do processo formal de P&D, e deve incluir atividades tais como o contínuo aprimoramento em *design* e qualidade de produtos, mudanças organizacionais e gerenciais, criatividade na comercialização e modificações de processos produtivos visando a redução de custos, o aumento da eficiência e a garantia da sustentabilidade ambiental.

⁷ É importante ressaltar que, conforme sustentado por Cassiolato e Lastres (2005, p. 41): “a abordagem de sistemas de inovação, (...), nega que, tanto tecnologias, quanto suas formas de promoção, tendam a se tornar globais não podendo, deste modo, ser generalizáveis. Tal abordagem nega ainda a possibilidade de existência de instituições-padrão passíveis de réplica”.

Pode-se afirmar que a definição acima está em consonância com aquela proposta pela OECD em seu Manual de Oslo, utilizada como base para as análises a serem desenvolvidas ao longo da tese, já que o foco recai sobre a inovação tecnológica:

“Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (TPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais”. (OECD, 2004, p. 54).

Segundo definição proposta por Lundvall (1992a), incluída sob uma perspectiva ampliada do conceito de SNI, este pode ser decomposto em cinco elementos principais, como: (i) a organização interna das firmas; (ii) as relações entre firmas; (iii) o papel do setor público; (iv) o arcabouço institucional do setor financeiro; (v) intensidade em P&D, bem como sua organização (p. 13).

Como será demonstrado mais à frente, a proposta da tese dirige-se a uma análise que diz respeito a dois dos elementos identificados por Lundvall: o do papel do setor público e o da intensidade em P&D. Nesse sentido, o objeto de estudo volta-se a duas faces do papel do setor público no processo de padronização técnica, via política de regulamentação e, mais enfaticamente, por meio de investimentos em P&D para a metrologia, necessários à condução desse processo.

Para melhor explicitar esse papel dual exercido pelo Estado no processo de padronização técnica, vale nesse momento envidar esforços analíticos para o ambiente de seleção da inovação e para o seu processo de difusão, o que será objeto de discussão da próxima seção.

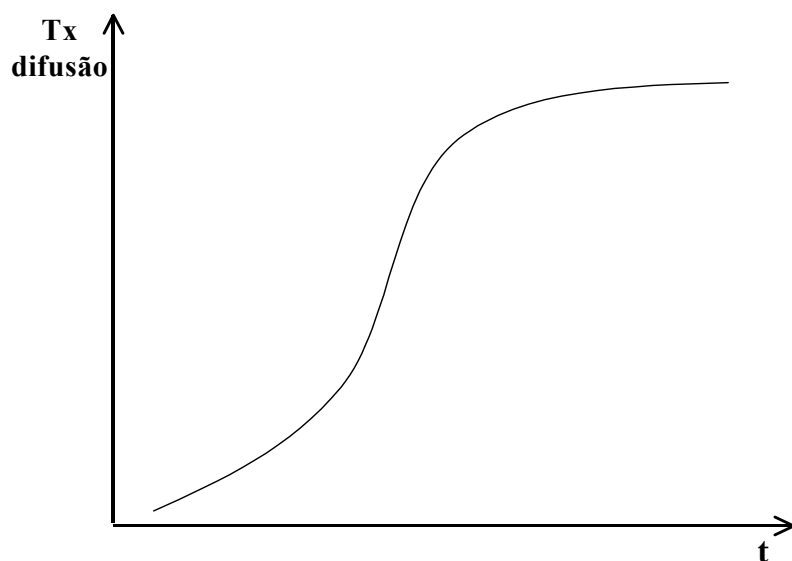
1.3 Difusão de inovações tecnológicas e ambiente de seleção:

É durante o processo de difusão de determinada inovação que seus efeitos macroeconômicos, como geração de emprego e crescimento econômico, podem ser observados –

geralmente anos após esta introdução –, quando imitadores começam a perceber o potencial lucrativo daquele novo produto ou processo e começam a investir pesadamente naquela tecnologia (FREEMAN, 1982, p. 5).

Análises mais conservadoras sobre o processo da difusão o associaram à ocorrência de uma ‘epidemia’, realizando analogia ao contágio de certa infecção em meio a uma população. Essa análise concebe uma curva de difusão em forma de ‘S’, adotando hipótese de que a taxa de difusão é mais rápida no meio do processo, sendo mais reduzido tanto em seu início quanto em seu estágio final (ver Gráfico 1.1).

Gráfico 1.1 – Modelo clássico de difusão: curva em S



Fonte: Adaptado de Swann (1999).

Nelson e Winter (1982) sustentam que o curso e o ritmo do processo de difusão, entretanto, não são dados de forma tão simples, pois serão determinados pela combinação de elementos tais como: a lucratividade esperada para a inovação pelas empresas do setor; as preferências dos

consumidores e dos dispositivos regulatórios existentes, bem como o processo de imitação. Segundo Possas (1989, p. 165):

“(…) pode-se concluir que a difusão de inovações, vista pela ótica do processo de seleção, não pode ser limitada a uma análise comportamental, como pode sugerir o enfoque tradicional de pesquisa empírica sobre o tema que focaliza as curvas de difusão em forma de ‘S’. Ela passa a ser vista como fortemente condicionada, ainda que de modo não determinístico, pelo contexto estrutural – expresso numa dada ‘trajetória natural’ da tecnologia – e institucional que a cerca, tornando esta fase, além disso, teoricamente inseparável, ainda que analiticamente distinguível, do processo de busca”.

Similarmente, Freeman (1982, p. 6) critica modelos tradicionais de análise sobre a difusão que, em sua visão, geralmente negligenciam tanto as mudanças ocorridas no ambiente durante o processo quanto aquelas que ocorrem na própria inovação original. Nas palavras do autor: “o que está sendo difundido ao final de um processo de difusão pode ser significativamente diferente daquilo que o iniciou” (tradução nossa).

Ademais, conforme enfatizam Bell e Pavitt (1993, p. 160), a complexidade do processo de difusão se dá diante do fato de esse processo envolver mais do que a mera aquisição de máquinas ou protótipos de produtos e mais do que a assimilação de instruções operacionais. Envolve mudança técnica contínua, em geral incremental, por meio da qual as inovações originais são moldadas para que se encaixem em condições particulares de uso e são realizados aprimoramentos adicionais no intuito de se atingir padrões de desempenho mais altos que aqueles originalmente obtidos.

É entendimento da presente tese que a consolidação de uma dada tecnologia, que constitui base para sua posterior difusão, está associada ao processo de seleção, quando se padroniza aquela inovação considerada mais bem-sucedida no denominado ‘ambiente de seleção’ que, segundo Possas (1989), tem no mercado seu mecanismo central, mas não exclusivo, pois participam deste ambiente, ademais, mecanismos de caráter institucional, tais como agências públicas e mecanismos regulatórios.

Em extensão ao argumento sustentado por Schumpeter (1934), defende-se, nesse sentido, que a difusão da inovação tecnológica não necessariamente elimina os lucros do empresário que a introduziu, caso este persiga estratégia ainda mais ambiciosa, qual seja a de estabelecer um novo padrão tecnológico naquele ramo, indústria, ou mesmo mercado. A esse respeito cabe contribuição de Ferraz (1989, p. 06):

“Postula-se aqui que tal norma é determinada pelo grupo de empresas capaz de perceber oportunidades, introduzir, difundir e se apropriar dos ganhos auferidos pelo progresso técnico de modo intenso. Uma outra característica da norma tecnológica diz respeito à existência de um processo de maturação tecnológica por parte dos agentes econômicos, isto é, de acumulação progressiva de ‘ativos’ tecnológicos, advindos do investimento contínuo e dos mecanismos de aprendizado, que fortalecem sinergicamente a capacidade de uma firma inovar”.

Essa nova norma ou padrão, por sua vez, não deve conflitar com os interesses dos mecanismos regulatórios – em geral sob responsabilidade de agências públicas – sob o risco de que venham a ser banidos do mercado por falta de atendimento a exigências de qualidade, bem como de respeito à saúde e segurança do consumidor e à proteção do meio-ambiente, por exemplo.

Ademais, caso uma firma exerça controle monopolista sobre determinada tecnologia padronizada com efeitos negativos sobre a concorrência, ou caso coexistam mais de um padrão – situações que ameaçam o crescimento econômico –, a intervenção governamental será necessária para corrigir tais desvios (TASSEY, 1999).

No intuito de compreender os efeitos da padronização técnica de determinada tecnologia sobre a dinâmica da inovação, deve-se considerar a contribuição de Utterback (1994), cujo elemento central é o movimento de gravitação em torno de um modelo dominante (*dominant design*), assim definido:

“(…) aquele ao qual competidores e inovadores devem aderir se esperam liderar o mercado de forma significativa. O modelo dominante geralmente toma a forma de um novo produto (ou conjunto de características) sintetizado a partir de inovações tecnológicas individuais já introduzidas de forma independente em produtos existentes” (p. 24, tradução nossa).

A análise do autor é dedicada basicamente a produtos diferenciados (*‘assembled products’*). Para produtos homogêneos (*‘nonassembled products’*), Utterback (1994) desenvolve conceito similar, a saber, o de ‘tecnologia habilitadora’ (*‘enabling technology’*), definida pelo autor como aquela cujo foco é dirigido ao esforço tecnológico e à experimentação no processo produtivo, concentrando-se mais no aprimoramento dos processos que em inovação de produto e *design*. O autor acrescenta, ainda, que as inovações de processo têm impacto maior sobre a produção de produtos homogêneos, quando comparada à produção de produtos diferenciados, uma vez que a última envolve mais estágios de processo que a primeira. Esta é, para efeitos do presente trabalho, uma importante diferença, já que a discussão proposta – acerca da indústria de etanol combustível – pode ser considerada uma análise de um produto homogêneo, conforme será discutido no Capítulo 5.

Utterback (1994) categoriza a dinâmica da inovação em três fases: fluida, transicional e específica⁸. A primeira é a fase da experimentação, quando a taxa de mudança é rápida, com foco difuso das atividades de P&D, cujos resultados são altamente incertos, no que diz respeito a produtos, processos, liderança competitiva, dentre outros. Em seguida, ocorre a fase intermediária, com a consolidação do modelo dominante ou da tecnologia habilitadora e de padronização na indústria. A terceira fase, no outro extremo, é considerada aquela em que a fabricação é dedicada à produção de produtos específicos e padronizados, com alto grau de eficiência⁹.

A partir dessa terceira fase, a específica, a base de competição é alterada e, como conseqüência, o que o autor denomina de ecologia das firmas se modifica drasticamente – como no

⁸ No que tange a comparação entre produtos diferenciados e produtos homogêneos, o autor considera que as fases fluida e específica são idênticas, sendo na fase transicional que se percebem as maiores diferenças entre estes grupos de produtos.

⁹ Utterback (1994) apresenta estudos de casos históricos sobre o tema (lâmpadas incandescentes, vidros, indústria de gelo, indústria fotográfica). A título de ilustração, cabe relatar o famoso caso do advento da máquina de escrever, ainda no século XIX, e da posterior padronização de teclados na disposição ‘QWERTY’, permanecendo até os dias atuais. A máquina de escrever foi síntese de várias tecnologias mecânicas existentes e somente 25 anos após sua introdução no mercado registrou-se a primeira inovação mais substancial, quando máquinas elétricas começaram a atrair interesse, abrindo caminho para que, mais tarde, processadores de texto de computadores pessoais varressem o mercado de máquina de escrever. Ou seja, foram 125 anos de inovação – máquina de escrever, processador de texto e computador pessoal – visando apenas um objetivo fundamental: o de colocar palavras no papel do modo mais eficiente possível.

processo *schumpeteriano* de destruição criadora –, partindo de uma situação em que vários concorrentes competem entre si para uma nova situação de rápida saída de firmas daquela indústria em que a tecnologia habilitadora, ou o modelo dominante, se estabeleceu – são beneficiados aqueles que introduziram o padrão ou que facilmente a ele se adequaram¹⁰.

Segundo Utterback (1994), a consolidação – ou padronização – daquela tecnologia se dá como resultado da interação entre escolhas técnicas e comerciais, para as quais vários fatores exercem influência: (i) ativos colaterais¹¹, (ii) comunicação entre produtores e usuários, (iii) manobras estratégicas por parte de firmas individuais com relação a seus concorrentes, e (iv) regulação da indústria e intervenção governamental.

Para efeitos do presente trabalho, cabe reforçar, este último fator é o de maior importância dada a análise que vem sendo proposta. De acordo com o autor, a regulação por parte da indústria tem o poder de impor determinado padrão e, no que diz respeito aos esforços governamentais, o autor sustenta o argumento de que estes se voltarão ao estabelecimento formal daqueles padrões que favorecerão os interesses de produtores domésticos, o que ocorre por meio da condução de política de regulamentação. Ademais, é importante notar que, após aceitação, o padrão exercerá profundo impacto, tanto sobre a direção quanto sobre a taxa de progressos técnicos futuros.

A contribuição de Utterback (*op. cit.*) encontra sustentação em análise desenvolvida por Hasenclever e Tigre (2002, p. 445) ao afirmarem que “uma tecnologia para ser amplamente difundida precisa adotar padrões de produção e de uso” e acrescentam:

“Nos períodos de nascimento das tecnologias há lugar para uma competição entre padrões concorrentes que tentam se impor sobre os demais no sentido de estabelecer

¹⁰ É importante notar que, a partir daí, o ritmo de inovações significativas é reduzido e as firmas passam a dirigir seus esforços a inovações incrementais que as propiciem vantagens de custos ou de qualidade naquilo que se tornou um produto essencialmente padronizado. A partir de então, portanto, o processo produtivo torna-se mais sistemático, aumentando a interdependência entre subunidades organizacionais, o que torna mais difícil e custoso incorporar inovações radicais, chegando-se a uma estrutura mais mecanizada. A indústria estabiliza-se, o progresso tecnológico tem seu ritmo desacelerado, as técnicas de produção tornam-se mais padronizadas e barreiras à entrada são estabelecidas.

¹¹ Aqui o autor utiliza a análise desenvolvida por Teece (1986).

um ‘padrão de fato’ para o mercado. Nem sempre apenas um padrão se impõe, mas não há espaço para muitos”.

Neste sentido, vale retomar análise proposta por Teece (1986, p. 287) no que tange a existência de dois estágios na evolução de determinado ramo científico – o estágio pre-paradigmático, quando não há um conceito único e generalizado para tratar dos fenômenos do campo de estudo, e o estágio paradigmático, que se inicia quando um corpo teórico ultrapassa os *canons* da aceitabilidade científica e marca a emergência de maturidade científica e a aceitação de padrões que permanecem até a superação do paradigma.

Para entender o argumento de Teece, faz-se necessário retomar discussão proposta por Dosi (1982) acerca dos conceitos de paradigma e trajetória tecnológicos, que exercem papel chave em sua análise. Elaborado a partir do conceito de paradigma científico proposto por Thomas Kuhn, o conceito de ‘paradigma tecnológico’ atua como definidor dos denominados programas de pesquisa tecnológica. O paradigma tecnológico vigente prescreve heurísticas positivas e negativas, indicando as direções a serem tomadas ou negligenciadas no processo de mudança tecnológica; ou seja, o processo de busca por inovações não pode ser tratado de forma puramente aleatória.

Da mesma forma, aspectos de longo prazo relacionados à estrutura social, econômica e institucional afetam o surgimento de novos paradigmas tecnológicos, que irão competir com aqueles existentes. Existe, portanto, um *trade-off* na avaliação quanto à transição de um paradigma tecnológico a outro, no que se refere à configuração das estruturas produtivas do país, entre explorar novos paradigmas e ‘explorar’ avanços incrementais no existente, dados pelas diversas ‘trajetórias tecnológicas’ possíveis, que representam a forma concreta pela qual o paradigma se desenvolve, implicando mudança dentro do mesmo.

Deve-se notar que paradigmas tecnológicos, assim como suas trajetórias, apresentam rendimentos decrescentes, cujas crises surgem como resultado de seus próprios sucessos – o

paradigma vai sendo utilizado para explicar número cada vez mais amplo de questões e, à medida que isso ocorre, surge uma insuficiência para explicá-las, levando-o à crise.

Neste sentido, ao mesmo tempo em que se considera a firma como a unidade de análise da concorrência e onde as inovações se concretizam, entende-se que as condições ambientais são decisivas para tal: “seja no nível de *mercado*, onde efetivamente se dá o processo de concorrência, seja no nível mais geral, *sistêmico*, onde se definem as *externalidades* e as *políticas* que afetam a concorrência” (POSSAS, 2002, p. 420, grifos no original).

Destaque deve ser dado ao papel do Estado em criar ambiente propício para que as firmas tenham condições de assumir posicionamento de liderança¹², por meio da busca incessante por inovações que modifiquem o padrão tecnológico vigente, ou até mesmo da introdução de novo padrão a ser seguido pelos demais concorrentes, o que afetará sua competitividade e, por agregação, a do país no qual está sediada¹³. É fundamental, portanto, antes de traçar análise mais contundente acerca do papel do Estado nesse processo, realizar algumas considerações acerca da relação entre inovação tecnológica e competitividade, tema da próxima seção.

1.4 Inovação tecnológica e competitividade

A questão da promoção da inovação tecnológica como vantagem competitiva vai ao encontro de interpretações acerca de uma conceituação mais dinâmica para a competitividade, discussão iniciada ao final da década de 1980, com Michael Porter.

¹² Este argumento está em consonância com aquele sustentado por Bell e Pavitt (1993), que afirmam ser necessário haver complementaridade entre a infra-estrutura pública e os esforços realizados pelas firmas, devendo o governo construir ambiente propício para que as próprias firmas invistam, uma vez que são estas, em última análise, os agentes inovadores.

¹³ Assume-se ter sido esse o papel desempenhado pelo Estado nos idos da década de 1970, quando promoveu a implantação do Proálcool, considerado aqui com um grande potencial para um novo paradigma em combustíveis.

Segundo Porter (1989), o paradigma da vantagem comparativa tem sua utilidade limitada àquelas análises dedicadas a setores menos dinâmicos e que dependem da disponibilidade de fatores de produção, como terra, mão-de-obra, capital e recursos naturais¹⁴. Entretanto, para segmentos industriais que envolvem tecnologias sofisticadas, e que são mais importantes para a produtividade nacional, é necessário introduzir um novo paradigma com relação à competitividade¹⁵.

Ainda segundo o autor, as questões mais importantes para uma análise desse conceito referem-se às razões pelas quais uma nação se torna a base de competidores internacionais bem-sucedidos e de tantos líderes mundiais em uma dada indústria – como será visto no Capítulo 4, é o caso da indústria brasileira de etanol combustível.

Em artigo dedicado aos conceitos e medidas da competitividade, Haguenauer (1989) mostra que a noção mais simples associa o conceito ao desempenho exportador, numa construção basicamente *ex post*. Entretanto, segundo a autora, até mesmo teóricos de formação neoclássica reconhecem a deficiência de explicações centradas em análises estáticas das vantagens comparativas, introduzindo o conceito de vantagens temporárias, baseadas em liderança tecnológica, experiência acumulada e economias de escala.

Nesse sentido, Fajnzylber (1988) entende o conceito de competitividade como “a capacidade de um país em expor-se ao mercado externo e manter ou elevar o nível de vida de sua população” (p. 13, tradução nossa), vinculando, ainda, a competitividade à incorporação de progresso técnico, a dinamismo industrial e a aumento da produtividade, com destaque para o argumento de que “o aumento da competitividade constitui um imperativo imprescindível em um período de transição entre dois padrões tecnológicos” (p. 11, tradução nossa).

¹⁴ Mesmo nesses setores, hoje em dia, dado o progresso técnico incorporado na agricultura e até em atividades extrativistas, o paradigma da vantagem comparativa pode ser considerado ultrapassado.

¹⁵ Para uma visão crítica sobre a contribuição de Porter, ver Dalum (1992).

E é neste contexto que surgem novos direcionamentos sobre o conceito de competitividade, como a proposta de Ferraz (1989), que inclui aspectos relativos à capacidade da firma de definir e implementar normas de funcionamento de um mercado, propondo-se que tal capacidade seja avaliada a partir das seguintes ‘funções tecnológicas’: sistema de P&D; sistema de qualidade industrial, incluindo técnicas de normalização e metrologia; sistema de automação industrial de base microeletrônica (inovações incorporadas aos bens de capital), e sistema de infra-estrutura tecnológica, que representa as relações entre as empresas com fornecedores de “insumos e serviços tecnológicos”, como testes e ensaios, análises, certificações, dentre outros (FERRAZ, 1989, p. 8).

Nas palavras do autor:

“(…) as funções tecnológicas consideradas acima aparentam ser fundamentais para assegurar e fortalecer a capacidade mais geral de acumulação de capital e, em especial, para dar vantagens competitivas ou poder de mercado para a empresa industrial. Neste sentido, elas são funções complementares que devem ser realizadas simultaneamente e de modo orgânico, pela empresa, para auferir todos os ganhos delas derivados” (FERRAZ, 1989, p. 25, grifos no original).

Note-se que esta dimensão é também refletida nos novos requisitos para o sucesso no mercado internacional, dentre os quais se destacam os requisitos técnicos (respeito a normas, especificações e padrões de qualidade, por exemplo)¹⁶. Haguenuer (1989, p. 23) considera esses desdobramentos:

“A competitividade poderia ser definida como a capacidade de uma indústria (ou empresa) produzir mercadorias com padrões de qualidade específicos, requeridos por mercados determinados, utilizando recursos em níveis iguais ou inferiores aos que prevalecem em indústrias semelhantes no resto do mundo, durante certo período de tempo”.

Mais recentemente, Kupfer (1996, p. 7) propõe contraponto às “visões que associam competitividade a desempenho em termos de *market-share* ou qualquer outra categoria *ex-post* (lucratividade, relação preço-custo, etc.) – a chamada competitividade revelada”. O autor também

¹⁶ Tais aspectos serão de extrema importância para a abordagem que se pretende construir na presente tese.

crítica análises pelo ângulo da eficiência produtiva – a chamada competitividade potencial – que utilizam conceito de ‘melhores práticas’, exogenamente determinadas, como critério para sua referência e aferição. Para ele, tais abordagens não são compatíveis com a existência de progresso técnico, de variedade tecnológica e de assimetrias entre os agentes, considerando, portanto, infrutíferas as discussões sobre o tratamento da competitividade como algo *ex-ante* ou *ex-post*. Assim sendo, Kupfer (1996) sugere o desenvolvimento de um princípio geral que entenda a competitividade como fenômeno diretamente ligado ao processo de concorrência, afirmando que:

“Nessa abordagem alternativa, a competitividade é definida como a capacidade da empresa formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhe permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado [...]. É o padrão de concorrência, portanto, a variável determinante e a competitividade a variável determinada ou de resultado” (KUPFER, 1996, p. 8).

Segundo o autor, os esforços requeridos para sustentar posição no mercado, contudo, são financiados por recursos necessariamente finitos. Daí, as estratégias competitivas adotadas por cada empresa refletirem escolhas realizadas em consonância com suas prioridades em cada momento, estando em constante mutação. Empresa competitiva, desta forma, é aquela cujas estratégias convergem com o padrão de concorrência vigente em seu setor de atuação. De acordo com Kupfer (1996), o conjunto de opções que a empresa terá à sua disposição para concretizar suas estratégias está ligado a diversos atributos dos produtos que podem ser explorados – preço, qualidade, flexibilidade, diferenciação de produtos, marca, etc.

Apesar de considerar a firma como unidade última de análise da competitividade, e que não existe setor, indústria ou país competitivo, a não ser por agregação, faz-se referência a aspectos mais voltados aos fatores sistêmicos da competitividade e à promoção de ambiente político-institucional propício à competitividade das firmas. Neste sentido, destaca-se a argumentação de Possas (2002), para quem concorrência e competitividade devem ser construídas, tanto por iniciativa de política econômica, quanto por estratégias das próprias empresas já que não surgem de forma espontânea.

De fato, conforme ressaltado por Chesnais (1992, p. 267), deve-se destacar aspectos referentes à infra-estrutura ao entorno das firmas, que exercem importantes influências sobre sua competitividade. O autor introduz, para tanto, o conceito de ‘competitividade estrutural’:

“(…) embora a competitividade das firmas obviamente reflita práticas de administração bem-sucedidas adotadas por seus empreendedores ou executivos corporativos, sua competitividade também está apoiada em tendências econômicas específicas de longo-prazo de força e eficiência da estrutura produtiva de uma economia nacional, sua infra-estrutura técnica e outros fatores que determinam as externalidades sobre as quais as firmas podem crescer” (tradução nossa).

Daí a defesa de uma política científica, tecnológica e industrial ativa para a promoção da capacitação e a difusão do progresso técnico, na qual está incluída a atuação do Estado no ambiente de seleção de inovações – atuando como agente regulamentador – e no investimento em nichos de P&D e em tecnologias de caráter quase-público, no âmbito da metrologia. Essas questões compõem o cerne da próxima seção.

1.5 Importância de políticas públicas no SNI: uma análise sobre o papel dual do Estado regulamentador

A presença do Estado no fomento tecnológico assume caráter imprescindível, ao contrário do que apregoa o discurso liberal. Na visão de Ferraz (1989), isto ocorre porque, dentre outros fatores, o retorno econômico de investimentos em infra-estrutura para gerar tecnologia é, além de difícil determinação, bastante incerto. Tal argumento encontra sustentação na proposta de Cassiolato e Lastres (2005, p. 42-43), que ressaltam a:

“(…) inoperância das chamadas ‘políticas neutras’. Estas, que têm sido sugeridas e implementadas a partir das recomendações das agências internacionais, podem ser tão irrelevantes que terão efeito nulo. Esse é, por exemplo, o caso dos incentivos fiscais generalizados voltados a P&D. Podem até gerar efeitos perversos ao acirrare as desigualdades, como é o caso das políticas que tentam buscar a modernização rápida através da importação pura e simples de equipamentos. Cabe ao Estado o caráter pró-ativo voltado para coordenação e indução dos processos de transformação produtiva,

visando internalizar os benefícios potenciais proporcionados por tecnologias de um novo paradigma tecnológico”.

No que diz respeito ao papel do Estado como investidor na P&D necessária para sustentar toda a atividade de regulamentação técnica, este é justificado por Tassej (2004; 2005), diante da observação da questão do sub-investimento em P&D quando esta está direcionada a tecnologias com características de bem público¹⁷. É nesse momento que agências governamentais se tornam fundamentais, complementando a P&D realizada pelo setor privado, por meio do investimento justamente naqueles nichos que não encontrariam apoio, especialmente quando direcionados a pesquisa básica e a infra-estrutura tecnológica, segundo o autor¹⁸. Em suas palavras: “fundos federais para P&D são um elemento essencial de um sistema nacional de inovação pois auxiliam a promover uma base tecnológica futura suficiente para garantir contribuição significativa de longo prazo para o crescimento econômico de uma gama de tecnologias” (TASSEY, 2004, p. 179, tradução nossa).

O papel do Estado como investidor em P&D, auxiliará na mudança paradigmática, já que a transição para novo paradigma, por ser complexa e custosa, não é realizada espontaneamente pelo capital privado. De fato, segundo Nelson (1990), agências governamentais merecem destaque nesse processo, já que, algumas vezes, representam até mesmo os principais atores no desenvolvimento de novos produtos e processos, especialmente se possuem forte interesse em determinada tecnologia, quando provavelmente tentarão coordenar esforços privados, bem como financiá-los.

No tocante ao caso específico de políticas de regulamentação, o Estado exerce dois papéis complementares que agem – apropriando-se aqui de denominação introduzida por Gregersen (1992) – como combinação de mecanismos de ‘vara e cenoura’: respectivamente, por meio da imposição de

¹⁷ A esse respeito, o autor enfatiza que esse sub-investimento é de natureza qualitativa, pois se refere à composição da P&D e não ao montante a ela destinado.

¹⁸ De acordo com Tassej (2005), esta argumentação aplica-se essencialmente àqueles casos em que são elevados os riscos associados ao investimento em P&D – riscos devido à sua complexidade, à dificuldade no estabelecimento do tempo necessário à maturação do investimento (problema de *timing*), a economias de escala e escopo e ao processo de transbordamento.

marcos regulatórios e do investimento em P&D associados a tais políticas, este último corroborando os argumentos levantados por Ferraz (1989), Nelson (1990), Tassej (2004; 2005) e Cassiolato e Lastres (2005).

O primeiro papel desempenhado está inserido, essencialmente, no ambiente de seleção das inovações introduzidas, com amplos efeitos sobre a futura dinâmica de difusão das mesmas. No caso específico dos marcos regulatórios de caráter técnico – já que existem outros inúmeros modos de regular a atividade produtiva¹⁹ –, estes exercerão profunda influência sobre o posterior ritmo de progresso tecnológico, já que um padrão técnico embute em si uma escolha tecnológica propriamente dita. Formuladores de política devem atentar para esse fato, em detrimento de meramente impor regulamentos técnicos sem realizar a devida avaliação acerca de potenciais impactos sobre a atividade inovadora e sobre o desenvolvimento tecnológico.

Por meio da Figura 1.1, a seguir, é possível vislumbrar as diferentes influências exercidas por políticas governamentais sobre a inovação – por meio de políticas indutoras à inovação; por meio da criação de oportunidades para a atividade inovadora; por meio de apoio direto; e, finalmente, por meio da construção de pilares de apoio à inovação.

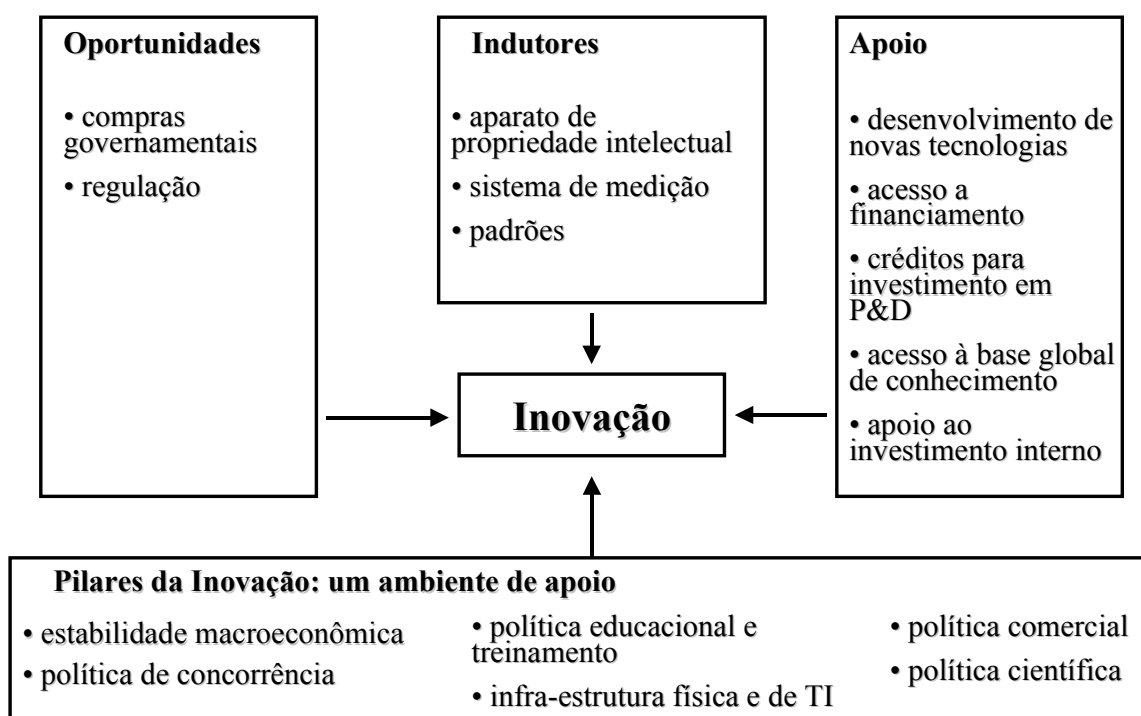
Dentre tais atividades, o foco da presente tese será sobre dois tipos de políticas governamentais, cuja interligação e complementaridade é também aqui defendida – sua atuação no sistema de medição e no fornecimento de padrões, de natureza indutora, e sua atuação como regulamentador, criando oportunidades para as empresas inovarem.

A defesa da atuação do Estado no fornecimento de sistema de medições e de padrões como sendo de natureza indutora, pode ser entendida mediante o fato de que tais atividades devem ser intensivas em P&D para a construção de uma infra-estrutura adequada, promovendo a necessária

¹⁹ Em Rothwell e Zegveld (1981), são fornecidos diversos exemplos da atuação de marcos regulatórios – em escopo ampliado – sobre a atividade inovadora. Os mais diferentes resultados são propostos, por estudos conduzidos por diferentes pesquisadores, sobre as mais diversas realidades, sem haver uma conclusão mais unânime sobre tal relação.

confiabilidade exigida nas atividades baseadas em tal infra-estrutura. Já a atuação do Estado como agente regulamentador, está relacionada à criação de oportunidades positivas para a atividade inovativa; mas, por outro lado, o Estado deve também estabelecer uma política bem definida para o tema, sob o risco de exercer influências negativas sobre tal atividade.

Figura 1.1 A influência de políticas governamentais sobre a inovação



Fonte: Elaborada com base em DTI (2003, p. 26).

Estas questões serão melhor discutidas no próximo Capítulo. Para tanto, faz-se necessário, primeiramente, realizar alguns apontamentos sobre o delineamento de políticas públicas em países em desenvolvimento, análise necessária dado que o estudo de caso proposto insere-se no contexto de uma indústria nacional e, admite-se, ainda, que o Brasil esteja incluído nessa categoria de países.

1.6 A importância de políticas públicas pró-inovação em países em desenvolvimento

Seguindo proposta da abordagem de SNI, o fenômeno do desenvolvimento não pode ser entendido como um processo harmônico ou naturalmente convergente, mas sim caracterizado por incertezas e assimetrias, o que o torna específico, não linear e não seqüencial. O subdesenvolvimento, portanto, não pode ser visto como mero estágio rumo ao processo de desenvolvimento – ao contrário, ambos devem ser encarados como aspectos de um mesmo processo histórico, ligado à criação e difusão da tecnologia moderna (FURTADO, 2003 *apud* CASSIOLATO *et al.*, 2005).

Perez e Soete (1988) propõem estratégias a serem adotadas por países menos desenvolvidos que, segundo os autores, devem ser buscadas por meio da aquisição da capacidade de participar na geração e no aprimoramento de tecnologias em oposição ao mero uso das mesmas, o que significa ser capaz de entrar no mercado de forma antecipada, seja como imitador ou como inovador de produtos e processos. Quanto mais distantes da fronteira tecnológica estiverem os países menos desenvolvidos, maiores as barreiras para sua inserção em um novo paradigma (CASSIOLATO *et al.*, 2005, p. 13).

De acordo com Bell e Pavitt (1993), para aquelas economias que meramente adquirem tecnologias prontas de economias mais avançadas, a acumulação tecnológica é mal representada como um processo imbuído, basicamente, em capital físico. Nesses casos, os autores afirmam que políticas baseadas nessas percepções errôneas do processo de acumulação e mudança tecnológica tendem a prejudicar, ao invés de incentivar, o avanço industrial.

Adotando-se perspectiva convergente a Mani (2004), sustenta-se que a importância de concentrar esforços analíticos no caso de países menos desenvolvidos é justificada pela necessidade de superar a idéia equivocada de alguns autores que percebem este grupo de países como meros

montadores e imitadores de tecnologias importadas de países desenvolvidos. Significa, portanto, superar o ponto de vista conservador que defende, erroneamente, que as firmas de países menos desenvolvidos não devam comprometer recursos com P&D – a não ser quando limitados a um caráter adaptativo –, por alegarem que tal estratégia representaria apenas uma ‘reinvenção da roda’. De acordo com tal visão equivocada, países menos desenvolvidos devem abrir sua produção e regimes comerciais, o que por si só garantiria a entrada de fluxos de tecnologia em suas economias²⁰.

Ademais, conforme salienta Tavares (1972), a tecnologia importada pelos países menos desenvolvidos foi desenvolvida de acordo com a realidade das economias avançadas, que diverge da realidade daqueles países que deveriam, por outro lado, investir na criação de novas técnicas adequadas às suas condições particulares. Também a esse respeito, em Anciães (1978) destaca-se que a falha em desenvolver tecnologias em áreas onde as técnicas dos países desenvolvidos não se aplicam (por exemplo agricultura tropical), é uma das heranças do subdesenvolvimento com origens na dependência tecnológica.

Retomando Mani (2004), este autor afirma que o argumento contrário ao desenvolvimento de tecnologias e investimento em P&D internos é ainda menos significativo no contexto de alguns países em desenvolvimento, que têm condição de criar tecnologia e não serem meros imitadores, como Malásia, Cingapura, Índia, África do Sul e Brasil, este último sendo foco do presente trabalho.

Nesse contexto, defende-se que é justamente a estratégia contrária, de investir no desenvolvimento de tecnologias de seu interesse e prover condições propícias para um ambiente favorável à introdução de inovações tecnológicas, que permitirá que países menos desenvolvidos reduzam seu atraso tecnológico e, em última instância, alcancem desenvolvimento econômico.

²⁰ As críticas aqui direcionadas a estas perspectivas conservadoras encontram sustentação em Anciães (1978, p. 235), onde se defende que o estímulo à transferência de tecnologia, para ter efeitos positivos e evitar processo de dependência tecnológica, deve ser acompanhado de algumas condições: (i) controle sobre as decisões acerca do processo de desenvolvimento tecnológico (inexiste controle, por exemplo, quando o capital estrangeiro obtém papel preponderante neste processo); (ii) poder de barganha do país comprador frente ao fornecedor de tecnologia; (iii) adaptação da tecnologia importada.

Embasamento para tal defesa pode ser encontrado na proposta de Perez e Soete (1988) que, ao debruçarem-se sobre a problemática da participação dos países menos desenvolvidos na fronteira tecnológica, observam que, em momentos de transição paradigmática, criam-se oportunidades para que estes países adentrem na nova tecnologia que está em desenvolvimento, o que denominam de ‘janelas de oportunidade’.

Definem, então, quatro classes de custos que afetam a entrada em um determinado paradigma tecnológico, a saber: custos fixos de investimento, custo do conhecimento científico e técnico requerido para assimilar a inovação, custo de aquisição da experiência necessária para lidar com a inovação e levá-la ao mercado e custo de superação das desvantagens ‘locacionais’, relacionado à infra-estrutura geral e outras condições econômicas e institucionais. As curvas que expressam cada um destes custos variam no tempo, e o mínimo requerido para entrar em determinado paradigma será elevado, ou reduzido, conforme a tecnologia evolua ao longo das diferentes fases do ciclo de vida do produto.

Conforme sustentado por Freeman e Soete (1997), a lógica do sistema funciona de forma a assegurar que países ricos fiquem mais ricos e os pobres mais pobres – é uma análise que diagnostica a existência de *path-dependence* no desempenho de crescimento dos países, em que aqueles menos desenvolvidos correm o risco de permanecerem presos a paradigmas existentes – devido aos altos custos da mudança tecnológica –, limitando-os a um nível inferior de desenvolvimento.

A possibilidade de quebrar esse círculo vicioso surge, então, a partir das janelas de oportunidade, quando países menos desenvolvidos têm a chance de entrar em novas tecnologias, durante períodos de transição entre paradigmas. Entretanto, conforme Perez e Soete (1988) observam, a possibilidade de existência de janelas de oportunidade é escassa e expressa o quão não automático e excepcional estes processos de efetivo avanço tecnológico são. Desta forma, sustentam, o uso de tecnologia estrangeira importada, como ‘atalho’ para a industrialização, depende de que

existam as condições necessárias para empreender o difícil e complexo processo envolvido em sua efetiva assimilação.

A melhor forma de aproveitar as oportunidades criadas, afirmam os autores, consiste na entrada em nova tecnologia ao momento certo. Para demonstrar sua teoria de forma mais concreta, dividem o processo de desenvolvimento de nova tecnologia em quatro fases: (i) introdução da inovação, (ii) crescimento inicial, (iii) crescimento avançado, e, finalmente, (iv) maturidade. Perez e Soete (1988) concluem, então, que as fases (i) e (iv) fornecem as condições mais favoráveis para novos entrantes. A fase (i), por ser justamente durante o estágio inicial daquela tecnologia que é necessário baixo investimento em capital e reduzida experiência. A fase (iv), por outro lado, demonstra a maturidade da tecnologia, quando produto e processo de produção estão padronizados e, por conseqüência, os conhecimentos científicos já estão essencialmente difundidos e as exigências de infra-estrutura locacional já não aparecem como forte impedimento. A entrada em novo paradigma, conforme observado pelos autores, é mais fácil durante a fase (iv), pois a entrada na primeira fase envolve maiores riscos, não garantindo a sobrevivência daquela estratégia.

Contudo, Perez e Soete (1988) consideram que, ainda que mais arriscada, apenas a entrada bem-sucedida em estágio inicial de mudança paradigmática garante o desenvolvimento tecnológico que pode levar a novo patamar, ao contrário da fase (iv), quando os países já entram atrasados. Dosi e Soete (1988, p. 414) corroboram essa argumentação, afirmando que: “a hipótese básica de interpretações modernas sobre comércio internacional e *gap* tecnológico é que a tecnologia não se apresenta como um bem livre, universal ou instantâneo, mas que existem vantagens significativas em ser o primeiro” (tradução nossa).

A dificuldade dos processos de avanço tecnológico, referente não apenas à posse dos atributos necessários para a entrada em novo paradigma, mas também à capacidade de percepção das oportunidades colocadas, reafirma a importância do aparato institucional, especialmente aquele

relacionado à ação governamental nos países menos desenvolvidos. De acordo com Freeman (1992, p. 183), diante de uma mudança no ‘paradigma técnico-econômico’, “mudanças institucionais no sistema científico-tecnológico serão especialmente importantes, e acesso à rede nacional de informações e consultorias é essencial” (tradução nossa).

A importância dessas mudanças institucionais pode ser justificada por seu papel chave na criação de determinadas vantagens para que as firmas inovem, além de atuarem na compensação dos custos envolvidos no processo, por meio de subsídios, taxas de juros preferenciais, incentivos de P&D, reduções de impostos, barreiras protecionistas, dentre outros, conforme definição de Perez e Soete (1988). Neste sentido, afirmam Freeman e Soete (1997, p. 361):

“(…) dada a disponibilidade de pessoal universitário bem qualificado, uma janela de oportunidade poderia se abrir para entrada relativamente autônoma em produtos de uma nova tecnologia em suas fases iniciais [...]. O problema torna-se, então, se a geração endógena de conhecimento e habilidades será suficiente para permanência no negócio conforme o sistema evolua. E isso implica não apenas constante esforço tecnológico, mas também crescente fluxo de investimentos. Desenvolvimento não se refere a sucessos de um produto individual, mas à capacidade de estabelecer sistemas tecnológicos inter-relacionados em evolução, o que gera sinergias para processos de crescimento auto-sustentado” (tradução nossa).

Diante desse contexto, a emergência de novas tecnologias pode ser facilitada via promoção de políticas públicas ativas. E para tanto, ainda que se reconheça a contribuição de insumos estrangeiros, um SNI eficiente deve conferir vantagens significativas de acesso a fontes locais – como instituições de P&D, serviços de informação científica e técnica, escritórios de patente, institutos de padrões, componentes de precisão para protótipos, infra-estrutura para ensaios (FREEMAN, 1982; 1992).

1.7 Conclusão

Alguns aspectos discutidos ao longo do capítulo valem ser retomados, realizando a necessária correlação com a proposta que se pretende desenvolver ao longo dos próximos capítulos, qual seja a de discorrer sobre a importância da atuação do Estado em duas atividades complementares, relacionadas à padronização técnica – por meio de suas agências regulamentadoras (e seus efeitos na criação de oportunidades para as empresas inovativas) e por meio dos investimentos realizados em P&D e em tecnologias com caráter de bem público, para a construção de sólida base metrológica que formarão alicerce para a própria regulamentação (mecanismos de natureza indutora sobre a atividade inovativa).

O referencial teórico aqui apresentado concebe aspectos importantes para os pressupostos adotados na análise que se segue, com destaque para algumas assertivas. Em primeiro lugar, o papel central concedido à inovação tecnológica como motor de crescimento e desenvolvimento, com efeitos sobre a competitividade e produtividade de uma dada indústria/setor/país. Defende-se uma análise mais ampla sobre o processo inovativo, incluindo a difusão tecnológica e as condições que permeiam o ambiente de seleção das inovações mais bem-sucedidas, com ênfase sobre os mecanismos regulatórios. Tais argumentos consistem a base para a escolha da perspectiva de SNI, dado seu caráter sistêmico e de escopo mais ampliado.

A abordagem escolhida é ainda mais relevante num contexto de países em desenvolvimento, dada sua necessidade de avançar, de forma sistêmica, na construção de suas capacidades de aprendizado e envidar esforços para o investimento em tecnologias que atendam a seus interesses e aproveitem suas vantagens competitivas, aproveitando janelas de oportunidade que eventualmente sejam abertas.

Este é o caso, conforme será defendido ao longo do trabalho a ser desenvolvido, da indústria brasileira de etanol combustível, cuja evolução vem congregando diversos dos aspectos salientados – diante do aproveitamento do que aqui se considera uma janela de oportunidade, colocada durante a crise energética da década de 1970, quando foi iniciado o programa de incentivo à produção e uso de etanol combustível como uma política de governo voltada a atender aos interesses do país e a aproveitar suas vantagens comparativas de então, de mão-de-obra e recursos naturais abundantes.

Ao ser considerada como uma indústria voltada à fabricação de produto homogêneo, cuja dinâmica de acumulação tecnológica se assemelha à categoria de firmas dominadas pelo fornecedor, os apontamentos de Utterback (1994) e de Bell e Pavitt (1993) são também de fundamental importância para análise.

Para lidar com todas essas questões, portanto, a abordagem de SNI forma o primeiro alicerce do arcabouço teórico da tese, fornecendo importantes subsídios para analisar de que forma a atuação do setor público – atendendo a interesses da sociedade – no complexo processo de padronização técnica, em países menos desenvolvidos, exerce papel preponderante para a promoção da competitividade e da capacidade inovadora das firmas.

O Capítulo 2, a seguir, trata da construção do segundo alicerce de sustentação do arcabouço teórico da tese, especificamente sobre a dinâmica do processo de padronização técnica, tendo o Estado como foco central de análise.

CAPÍTULO 2: ECONOMIA DA PADRONIZAÇÃO

2.1 Introdução

Conforme discutido no Capítulo anterior, políticas públicas ativas voltadas à construção de ambiente favorável à atividade inovadora são de vital importância para o crescimento e desenvolvimento econômico. Essa atuação se dá em diferentes frentes, dentre as quais merece destaque o investimento na infra-estrutura necessária à superação de possíveis entraves que influenciam negativamente a competitividade das mais diferentes indústrias e setores.

Diante dessa amplitude, propõe-se estudo sobre uma de suas várias facetas, que, de acordo com o apresentado no Capítulo introdutório, não vem sendo analisada de forma mais aprofundada. Importante agente de um determinado SNI a ser discutido no presente Capítulo, portanto, é o Estado enquanto agente na construção de um sistema de medições e de políticas de regulamentação técnica, assumindo, respectivamente, caráter indutor e como criador de oportunidades para a atividade inovadora.

O primeiro tipo de atuação é composto pelas atividades relacionadas à metrologia científica, que forma o pilar de sustentação de todo o processo de padronização técnica. A segunda forma de atuação destacada – da regulamentação técnica – está associada à seleção e difusão de inovações que atendam aos interesses da sociedade.

No intuito de prover análise mais apurada sobre as questões aqui levantadas, o presente Capítulo inicia-se com uma discussão sobre a relação entre padronização técnica e padronização tecnológica, bem como suas implicações econômicas, considerada ponto de partida fundamental para os desdobramentos das análises a serem conduzidas no restante do Capítulo. Para tanto será necessário traçar descrição de breve histórico e contextualização das questões colocadas, o que é de extrema importância para o entendimento de seus efeitos sobre o comércio internacional e sobre a

capacidade inovadora das firmas. Posteriormente, será realizada apresentação mais detalhada das atividades que atuam de forma interdependente na padronização técnica e na construção de adequado sistema de medições – integradas no conceito de ‘tecnologia industrial básica (TIB) –, adotando-se como base a experiência brasileira com relação ao tema.

2.2 Padronização técnica: uma análise econômica

Faz-se necessário, primeiramente, apresentar algumas definições propostas para o termo ‘padrão’²¹. Germon (1986, *apud* TASSEY, 1999) fornece uma conceituação ampla para o termo:

“(…) uma construção que resulta de escolhas coletivas e fundamentadas e que permite acordo acerca de soluções para problemas recorrentes. Visto dessa forma, um padrão pode ser encarado como um equilíbrio entre os requisitos dos usuários, as possibilidades tecnológicas e os custos dos produtores, e restrições impostas pelo governo para o benefício geral da sociedade” (p. 2, tradução nossa).

No que diz respeito à utilização do termo no âmbito da metrologia, a definição formal para o conceito é aquela fornecida pelo Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM), onde padrão consiste em: “medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência” (INMETRO, 2007c, p. 53).

Conforme já abordado no Capítulo 1, é importante notar que padrões embutem em si uma escolha tecnológica, quando a tecnologia em questão se encontra em sua maturidade, padronizada na atividade econômica que lhe diz respeito. Para melhor entendimento dessa importante relação, serão retomadas algumas contribuições sobre o entendimento do processo que leva à padronização, e,

²¹ Ainda que a discussão esteja centrada em mecanismos formais de promulgação de um dado ‘padrão’, vale ressaltar que a padronização técnica ocorre também por meio do estabelecimento de padrões de natureza mais informal, os denominados ‘padrões de fato’ (TASSEY, 1999).

portanto, à difusão de uma dada tecnologia; bem como as motivações de produtores, consumidores e mercado em adotá-la.

Tassey (1999) propõe quatro categorias de funções desempenhadas pelos padrões: (i) qualidade/confiança: como níveis funcionais, variação de desempenho, tempo de serviço, eficiência, segurança e impacto ambiental; (ii) fornecimento de informação: avaliação científica e de engenharia, sob a forma de publicações, bases de dados eletrônicas, terminologia, além de métodos de ensaio e medição para descrever, quantificar e avaliar atributos dos produtos e, portanto, reduzir custos de transação; (iii) compatibilidade/interoperabilidade: padrões especificam as propriedades que um produto deve apresentar de modo a funcionar com produtos complementares; (iv) redução da variedade: padrões limitam um produto a uma certa gama ou número de características, como tamanho e níveis de qualidade.

É possível adicionar às funções propostas por Tassey, aquela referente ao fornecimento de rastreabilidade, específica do campo da metrologia. A definição precisa para esse termo está presente no VIM, como se segue: “propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas” (INMETRO, 2007c, p. 55). Em outras palavras, a rastreabilidade é obtida por meio de uma cadeia ininterrupta de medições comparáveis, cujos instrumentos possuem exatidão cada vez maior, partindo daqueles utilizados pela indústria, até chegar aos padrões nacionais que, por sua vez, devem ser rastreáveis aos padrões internacionais (SENETRA e MARBAN, 2007).

Sob a perspectiva de agentes interativos, assume-se a existência de externalidades positivas na adoção de determinada tecnologia, devido a efeitos de aprendizado, além de benefícios para o consumidor da tecnologia em questão, associados ao número de agentes que a utilizam (LUNDVALL, 1992b; COWAN e COWAN, 1998).

Shapiro e Varian (1999) sustentam que, em geral, padrões são benéficos do ponto de vista social, por facilitarem a ‘interligação’ e, portanto, a formação de redes amplas²², além de reduzirem os riscos enfrentados pelos consumidores com relação à adoção de nova tecnologia. A importância econômica das redes de usuários – reais ou virtuais – dependerá do número de participantes e justifica-se por seu papel na disseminação da tecnologia em questão, o que envolve não apenas a produção de determinado produto, mas também a formação de parcerias e de alianças estratégicas, bem como o conhecimento de como iniciar tal movimento de apoio.

Bassanini e Dosi (1998) também enfatizam a importância de externalidades de rede e de aspectos referentes ao *feedback* positivo²³ para a difusão de tecnologia. De ambas contribuições pode-se elaborar o mesmo raciocínio para a questão da consolidação de determinado padrão: esta pode ser observada apenas a partir do momento em que o padrão seja amplamente utilizado.

Sob a ótica da produção, a importância da padronização pode ser entendida sob a perspectiva de retornos crescentes de adoção, referente ao acúmulo de conhecimento e habilidades, que, em geral, reduz o custo de produção, aumentando o benefício para o usuário daquela tecnologia (BASSANINI e DOSI, 1998).

A existência de padrões técnicos que tracem especificações sobre os produtos produzidos, por outro lado, é necessária para permitir a comercialização entre agentes econômicos anônimos, uma vez que as partes envolvidas têm interesse em assegurar-se da natureza e qualidade dos produtos que estão adquirindo (WTO, 2005).

²² Segundo Shapiro e Varian (1999, p. 216): “cada nova rede tem de começar do zero. O desafio para as empresas que tentam introduzir no mercado uma tecnologia nova, porém incompatível, é o de aumentar o tamanho da rede pela superação dos custos coletivos de troca”.

²³ O sucesso de certo fator gera ainda mais sucesso, fortalecendo um círculo virtuoso. No caso da padronização, pode-se inferir que o sucesso de determinada técnica/tecnologia pode gerar *feedback* positivo entre produtores, e até mesmo levar a extremos: “o domínio do mercado por uma única empresa ou tecnologia” (BASSANINI e DOSI, 1998, p. 207).

É importante também retomar análise de Utterback (1994)²⁴, cujo elemento central é o movimento de gravitação em torno de um modelo dominante – ou tecnologia habilitadora –, a partir de quando se abre espaço para a adoção de modelos padronizados, seja porque tenham sido considerados mais satisfatórios pelos consumidores, ou por serem ditados por restrições legais e regulatórias, ainda que não necessariamente representem aqueles de melhor desempenho técnico.

A consolidação de um modelo ou tecnologia reduz, portanto, o número de requisitos a serem cumpridos no processo de produção de determinado produto, uma vez que os torna implícitos no modelo em si. Desta forma, tanto o modelo dominante quanto a tecnologia habilitadora têm o efeito premente de incentivar, ou até mesmo forçar, a padronização, com vistas à promoção de economias no processo produtivo, ou em atividades relacionadas.

É interessante notar que a padronização pode representar importante fonte de poder de mercado – quem conseguir ditar o padrão será o mais beneficiado. No caso de o padrão ser proprietário – impedindo a utilização por seus concorrentes, ainda que temporariamente – surge possibilidade para que este constitua fonte de monopólio para quem o introduziu (SWANN, TEMPLE e SHURMER, 1996; TASSEY, 1999)²⁵.

²⁴ Já discutida em maior amplitude na seção 1.2.

²⁵ A esse respeito, Best (2001, p. 231) defende que, quanto mais geral o caráter dos padrões, maior o potencial para inserção de mais firmas e recursos no sistema produtivo. E, nesse sentido, “associações industriais e agências governamentais têm importante papel a exercer, qual seja o de estabelecimento de padrões que incentivem sistemas abertos e dinâmicas de crescimento regional” (tradução nossa).

É neste contexto que Shapiro e Varian (1999, p. 244) desenvolvem sua análise, preocupados com as chamadas ‘guerras de padrões’, ocorridas quando interesses privados e sociais divergem: “essas guerras podem ser cruéis quando há usuários em ambos os lados com altos custos de troca, quando é difícil para os diversos usuários coordenarem-se e quando alguns participantes do setor têm muito a perder com a padronização”²⁶.

Para Tasse (1999), os padrões exercem importantes e complexos impactos sobre a atividade econômica como um todo. Dentre os aspectos positivos, o autor destaca o papel que desempenham na promoção de economias de escala, de transações comerciais de modo mais eficiente e equitativo, além de permitirem o advento da especialização e a facilitação de reparos e de substituição de partes de componentes de um dado produto.

Tasse (1999) chama atenção, ainda, para o fato de que alguns efeitos negativos também podem ser suscitados pelos padrões, o que vai depender das funções econômicas por eles desempenhadas – se relacionados a produtos (direcionados a um ou mais de seus atributo-chave) ou se não relacionados a produtos (conjunto de ‘ferramentas’ que tornam os processos de desenvolvimento, produção e comercialização de uma dada tecnologia mais eficientes).

No primeiro caso, o autor chama a atenção para a necessidade de evitar o estabelecimento de padrões que venham a garantir poder de monopólio, no caso de haver uma (ou poucas) firma (s) que controle (m) o padrão. Ainda nesse caso, um risco que deve ser evitado é o efeito ‘*lock-in*’ em determinada tecnologia menos eficiente, devido a custos irrecuperáveis.

Para o caso de padrões não relacionados ao produto, Tasse (1999) afirma que os potenciais impactos negativos podem resultar de três problemas principais: (i) o estabelecimento de múltiplos

²⁶ Segundo Shapiro e Varian (1999), estas guerras não são fenômeno recente, podendo-se encontrar exemplos nos mais diversos setores, como a histórica escolha entre eletricidade em corrente alternada e em corrente contínua; a questão das redes telefônicas e a interligação; o advento da televisão em cores em substituição à televisão em preto e branco; a questão do padrão VHS *versus* Beta; Wintel *versus* Apple; Nintendo *versus* Atari, e, mais recentemente, o caso da televisão de alta definição (digital).

padrões para um mesmo foco; (ii) padrões mal projetados; e (iii) padrões implementados no momento errado.

Importante aspecto a ser salientado com relação ao impacto dos padrões técnicos sobre a atividade econômica refere-se ao ator que os estabeleceu – podendo ser da esfera privada (indústria), ou pública (regulamentação do Estado)²⁷.

No primeiro caso, temos os denominados ‘padrões privados’, ou ‘normas técnicas’, cujo cumprimento é voluntário, estando a adequação ao padrão relacionada ao fenômeno da concorrência, seja devido às preferências dos consumidores, ou à necessidade de obter compatibilidade, imposta, muitas vezes, por fornecedores ou produtores com forte poder de mercado.

Por outro lado, a imposição de padrões técnicos por parte de organismos públicos – os ‘padrões públicos’, ou ‘regulamentos técnicos’, – está atrelada à necessidade de coibir a assimetria de informação e a possibilidade do surgimento de práticas enganosas ou lesivas ao consumidor. A lógica desta atuação, vislumbrada como uma intervenção estatal e tendo como base mecanismo de ‘*enforcement*’, está apoiada na idéia de que produtores possuem mais informações que consumidores sobre os itens produzidos. Assim, o Estado tenta, por meio da regulamentação, prover ambiente mais confiável e equilibrado para as trocas comerciais.

Nesse sentido, infere-se que, enquanto a padronização promovida por agentes privados pode ter como conseqüência a redução da variedade de produtos oferecidos, a padronização buscada pelo setor público não tem – ou ao menos não deve ter – efeitos significativos sobre este aspecto, uma vez que em geral se dedica ao estabelecimento de ‘padrões mínimos’ de qualidade e segurança, o que “não necessariamente reduz o número de variedades de produtos no mercado para apenas um (o

²⁷ É importante notar que o termo ‘padrão’ em inglês (*‘standard’*) faz referência a ‘normas técnicas’ e a ‘regulamentos técnicos’, sem diferenciá-los, a não ser quando adicionados dos adjetivos ‘*private*’ (privado) e ‘*public*’ (público). Na presente tese, serão utilizados os conceitos de ‘normas e regulamentos técnicos’, seguindo a metodologia adotada no Brasil.

padrão mínimo), pois produtos que excedam o padrão também podem circular no mercado” (UTTERBACK, 1994, p. 32, tradução nossa)²⁸.

Após essa primeira apresentação da complexa gama de influências exercidas pelos padrões técnicos na atividade econômica como um todo, faz-se necessário retomar alguns aspectos sobre o histórico acerca do tema.

2.2.1 Padronização técnica – breve histórico e contextualização

Desde a China antiga pode ser percebida a preocupação com o atendimento a padrões técnicos, até mesmo com determinações específicas no intuito de evitar a confecção de produtos cujas dimensões ou requisitos da qualidade não atendessem às exigências. Nas palavras de Algarte e Quintanilha (2000, p. 14), à época: “já havia um certo padrão de qualidade para produtos, (...) [e] os decretos eram promulgados para banir do mercado produtos inferiores, bem como para consolidar o controle da qualidade sobre eles”.

Momento histórico que traçou a importância econômica da padronização técnica ocorre no século XIX²⁹, quando os EUA introduzem nova forma de produzir, calcada na ampla utilização de peças intercambiáveis³⁰.

²⁸ De acordo com Tasse (1999), padrões relacionados a produtos são elaborados, basicamente, no âmbito da iniciativa privada. Entretanto, considera que, nos casos especiais em que significativas economias de escala estão presentes, ou quando a entrada de forma antecipada em um mercado é considerada parte essencial de uma estratégia econômica nacional, o governo terá interesse em estipular determinados padrões relacionados a certos atributos do produto.

²⁹ A título de ilustração cabe citar caso ocorrido no início do século XIX, quando, durante o processo inovador de introdução do transporte ferroviário nos EUA, foram empregadas linhas férreas de diversas larguras (bitolas), causando custos adicionais ao transporte. A padronização das bitolas, a princípio, enfrentava três obstáculos principais: (i) alto custo para alterar a largura das linhas existentes, (ii) inexistência de grupo interessado em arcar com os altos custos referentes à alteração necessária, e (iii) resistência dos trabalhadores às mudanças propostas por temerem a perda de seus empregos, associados à carga, descarga e levantamento de vagões para mudar suas rodas. Mais tarde, entre 1860 e 1890, o movimento conhecido como ‘Marcha para o Oeste’, aliado a interesses comerciais, propiciou o processo de padronização das bitolas (SHAPIRO e VARIAN, p. 243-244).

³⁰ Segundo Landes (1994), há registros da utilização de peças intercambiáveis desde o início do século XVII, mas ainda de forma isolada.

Essa inovação americana não representou o simples advento de uma máquina em particular, mas de um novo modo de produção, que passou a ser chamado de ‘sistema americano de manufaturas’ (LANDES, 1998). A padronização proposta por este novo modo de produção facilitava a divisão de tarefas, simplificando-as e aumentando a produtividade, o que fez com que o mesmo se espalhasse rapidamente por muitos setores da economia.

Ferracioli (2006) sustenta que a superioridade desse sistema advém do fato de o mesmo permitir a produção, em separado e em grandes quantidades, de peças e partes componentes de determinada manufatura, podendo, posteriormente, ser reunidas em uma linha de montagem, desde que produzidas de acordo com critérios específicos, que apresentem a menor margem de erro possível, sob pena de que as peças não encaixem umas nas outras. Ademais, no intuito de viabilizar a produção em grande escala, é condição *sine qua non* que existam documentos que especifiquem claramente as características a serem seguidas pelos diferentes fornecedores. Tais documentos passaram a ser conhecidos como normas técnicas.

O sistema americano, segundo Landes (1998), fixou normas e padrões de produtividade para o resto do mundo industrial³¹. Essa rápida difusão, de acordo com Best (2001), foi possível diante da reduzida atividade de patenteamento dos produtos à época. A partir de então, não demorou muito para o entendimento da importância das normas técnicas e o início de movimento rumo ao estabelecimento formal de padrões – ligado à Segunda Revolução Industrial –, que inaugurou a utilização de tecnologias sistêmicas e intensificou a importância da padronização³².

³¹ Na Europa, as estruturas de classe e os gostos segmentados tornavam mais difícil a introdução de produtos padronizados. Contudo, “quando os europeus adotaram tardiamente as técnicas de produção em massa, não tiveram dificuldade em vender produtos mais baratos” (LANDES, 1998, p. 343).

³² De acordo com Shapiro e Varian (1999, p. 275), inicialmente, o processo formal de padronização concentrou-se no estabelecimento de padrões de fabricação tradicionais, como aqueles necessários à produção em massa e de peças de reposição. Ao término do século XX, afirmam, a revolução na informação leva cada vez mais a padronização formal para as áreas da informática e da alta tecnologia.

Dessa forma, além do mercado, onde padrões *de fato* seriam desenvolvidos, outro ambiente emergiu para o estabelecimento de padrões técnicos, qual seja o dos organismos formais de padronização³³, responsáveis pela elaboração do que na literatura denomina-se padrões *institucionais*, sejam de âmbito nacional ou internacional (SWANN, TEMPLE e SHURMER, 1996).

Este processo formal de padronização é encarado como indispensável para o lançamento de novas tecnologias, envolvendo aspectos cooperativos, de suma importância para a concorrência de mercado. A este respeito, Nelson (1994, p. 55) sustenta que:

“(…) associações da indústria ou do comércio, [...], podem ser ativas na elaboração de padrões [...]. Mais geralmente, concedem à indústria uma organização reconhecida que faça *lobby* em seu nome para regulamentar a seu favor, para fornecer proteção frente à concorrência de fora do grupo, para promover programas públicos de apoio, etc.” (tradução nossa).

Recentemente, o processo formal de elaboração de normas técnicas vem sendo considerado o método mais transparente de promover a padronização em âmbito internacional, com base na alegação de que, por contar com a participação dos diversos países, tais documentos refletiriam consenso entre as partes, o que, na prática, é ponto bastante controverso.

Esse processo desenvolve-se, em geral, de forma extremamente lenta, podendo não resultar na escolha da ‘melhor’ tecnologia como base, ainda que estimule o consenso e seja aberto a toda a sociedade. Neste sentido, o termo ‘padrão’ tende a ser utilizado para denotar aquele que delinea o sistema dominante quando este emerge, não havendo razão que garanta que o padrão emergente e que, efetivamente, ‘aprisiona’ o sistema, seja ótimo (NELSON, 1994; UTTERBACK, 1994; SHAPIRO e VARIAN, 1999; SWANN, 1999; TASSEY, 1999).

³³ Inicialmente, esse movimento assumiu caráter setorial – a primeira organização a ser estabelecida foi a “*International Telecommunication Union*” (ITU), em 1865, seguida pela “*International Electrotechnical Commission*” (IEC), em 1906. Posteriormente, iniciam-se discussões acerca do estabelecimento de organização de escopo mais ampliado, sem apelo setorial, tendo, então, sido criada a “*International Standardization Organization*” (ISO), ao final da Segunda Guerra Mundial, em 1947.

A despeito das críticas colocadas, é de vital importância que os países participem ativamente do processo formal de padronização técnica em âmbito internacional. Entretanto, em estudo desenvolvido por *International Trade Centre (ITC)* e *Commonwealth Secretariat* (2005), é analisada a escassa participação dos países em desenvolvimento nesse processo, além de serem realçadas as dificuldades que enfrentam para cumprir as exigências impostas pelos principais mercados compradores – os países desenvolvidos.

As explicações para tais dificuldades podem ser encontradas já na base da deficiente infraestrutura tecnológica dos países em desenvolvimento, uma vez que carecem da *expertise* e dos recursos financeiros necessários a uma participação mais efetiva no processo formal de padronização em âmbito internacional, liderado pelos países mais desenvolvidos³⁴.

Tal evidência suscita a dúvida se as normas elaboradas no âmbito de organismos internacionais de padronização podem de fato ser consideradas normas internacionais consensuais, ou se meramente refletem o interesse dos países mais avançados que possuem maior poder de barganha para impor o padrão que mais lhes beneficie. Estas e outras questões tornam os padrões técnicos importantes instrumentos no jogo político do comércio internacional, debatido a seguir.

2.2.2 Padronização técnica e comércio internacional

Cerca de 80% das trocas comerciais realizadas internacionalmente, de alguma forma, ensejam aspectos relacionados à metrologia (BRANDI, 2007). As discussões sobre os efeitos dos padrões técnicos no comércio internacional são de natureza complexa e apresentam-se em diferentes visões,

³⁴ Segundo dados fornecidos pelo estudo, cerca de 90% dos comitês técnicos das principais organizações responsáveis pela elaboração de normas internacionais (ISO, IEC e *Codex Alimentarius Commission*-CAC) são presididos por países desenvolvidos, o que lhes concede significativa influência no processo de elaboração de cerca de 85% do total de normas técnicas.

algumas destacando efeitos negativos e outras aspectos positivos³⁵. A visão pessimista é a de que padrões podem inibir comércio e concorrência, devido ao ônus burocrático e administrativo imposto sobre produtores domésticos, que poderia atuar, portanto, como uma ‘desvantagem competitiva’. Por outro lado, as visões mais otimistas destacam a atuação dos padrões como competitividade não-preço, por meio do aumento da qualidade e da criação de economias de escala e, ainda, como promotores do comércio por permitirem o reconhecimento de determinadas características em nível internacional – como tamanho, peso e qualidade (SWANN, TEMPLE e SHURMER, 1996).

De acordo com Swann, Temple e Shurmer (*op. cit.*), o impacto econômico de padrões sobre o comércio pode ser estudado sob três perspectivas: sob a ótica da literatura sobre integração econômica (que não será objeto de discussão do presente trabalho), sob a ótica do conceito de competitividade não-preço (ver seção 1.4) e, em terceiro, sob a perspectiva das barreiras não-tarifárias ao comércio, as chamadas ‘barreiras técnicas’³⁶. Essa última será objeto de discussão da presente seção, imbuída na reflexão de que “a adoção de padrões incompatíveis entre os países funciona como dispositivo de segmentação de mercado e reduz a concorrência e o comércio” (WTO, 2005, p. 42, tradução nossa).

³⁵ A quantificação de seus impactos sobre o comércio também é de difícil realização. Em pesquisa conduzida pelo Banco Mundial, a respeito de como as firmas de países em desenvolvimento lidam com aspectos referentes a normas e regulamentos técnicos, dados preliminares indicam alguns possíveis impactos. No estudo, dentre as firmas que não exportam (6,8% do total), 68% atribuiu importância ao fator custos com ensaios e certificação, no que diz respeito às razões para não fazê-lo. Dentre as que exportam, 79% considerou a qualidade do produto como aspecto importante para expandir suas exportações. Quando comparada a proporção de firmas que devem cumprir exigências impostas por regulamentos técnicos domésticos com aquelas que se deparam com exigências impostas por mercados externos, vê-se que o primeiro conjunto está em 49%, enquanto o segundo está em 70% (MASKUS e OTSUKI, 2004).

³⁶ Por ser um tipo de barreira não-tarifária de formulação sutil, a própria conceituação de barreiras técnicas consiste em uma árdua tarefa. Utiliza-se, em geral, a seguinte definição baseada nas regras estipuladas pela Organização Mundial do Comércio (OMC): “barreiras técnicas às exportações são barreiras comerciais derivadas da utilização de normas ou regulamentos técnicos não transparentes ou que não se baseiem em normas internacionalmente aceitas ou, ainda, decorrentes da adoção de procedimentos de avaliação da conformidade não transparentes e/ou demasiadamente dispendiosos, bem como de inspeções excessivamente rigorosas” (INMETRO, 2005, p. 10).

Tais questões passaram a permear os debates internacionais ainda no âmbito do Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (*General Agreement on Tariffs and Trade*, GATT)³⁷, durante a Rodada Tóquio (1973 a 1979), dando início a discussões a respeito da preocupação, entre seus signatários, com a crescente exigência de atendimento a padrões técnicos sobre produtos comercializados – tendência que começou a se acentuar justamente entre fins da década de 1960 e início da década de 1970 (ROTHWELL e ZEGVELD, 1981).

Se, por um lado, a utilização dessas medidas promovia maior compatibilização entre os produtos comercializados, bem como assegurava aspectos de qualidade e segurança dos bens consumidos, por outro, num contexto de proteção tarifária cadente, tais mecanismos poderiam ser utilizados como medidas protecionistas, constituindo-se em barreiras não-tarifárias, atuando diretamente sobre a competitividade das empresas.

A elaboração do denominado ‘Código de Normas’ (*Standards Code*, em inglês), ao final da década de 1970, concedeu tratamento mais formal ao tema e representou estágio embrionário para a posterior elaboração do Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio (*TBT Agreement*, em inglês)³⁸, já nos auspícios da OMC, em 1995³⁹. O Acordo TBT estabelece, basicamente, os mesmos princípios de seu antecessor, mas, ao contrário desse, é de adesão obrigatória para todos os países membros da organização. O acordo incentiva que a elaboração de padrões técnicos se dê com base em ‘objetivos legítimos’ (caráter de segurança nacional, proteção à saúde humana e animal, proteção ao meio ambiente, prevenção de práticas enganosas, entre outros). Entretanto deve-se ressaltar que:

“(…) nem sempre é óbvia a distinção entre um ‘padrão legítimo’ e um ‘ilegítimo’. Enquanto uma tarifa tem claramente o propósito e efeito de discriminar entre

³⁷ Voltado à promoção da liberalização comercial, entendida por seus formuladores à época como motor rumo ao desenvolvimento econômico, o GATT foi assinado por 23 países, no ano de 1947. A partir de então, observou-se a realização de seguidas rodadas de negociação, tratando de regras comerciais de forma cada vez mais abrangente.

³⁸ A íntegra do Acordo pode ser obtida em: http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/17-tbt.pdf. Acesso em 30/03/2006.

³⁹ Nesta ocasião, finalmente atingiu-se uma antiga intenção da década de 1940 de estabelecer-se uma organização internacional para lidar com questões comerciais.

produtos importados e domésticos, na prática pode ser bastante difícil estabelecer o propósito e o efeito de um padrão” (WTO, 2005, p. xxxv, tradução nossa).

Ademais, o Acordo incentiva os países a utilizarem, como base para o conteúdo de seus padrões, normas técnicas internacionais⁴⁰, exceto quando não existirem ou quando forem observadas particularidades locais que impeçam sua adoção. Alheio à discussão sobre a politização do processo formal de padronização internacional, o Acordo TBT define, portanto, que aquelas exigências técnicas elaboradas com base em normas internacionais, e estabelecidas da forma menos restritiva possível de se atingir um objetivo legítimo, não se configurariam, por definição, barreiras técnicas ao comércio⁴¹.

A transparência no processo de elaboração de padrões técnicos é buscada pelo Acordo, que determina que todos os países mantenham em seu território o que denominam Ponto Focal (*Enquiry Point*, em inglês), espécie de centro de informações responsável por responder a questionamentos sobre normas e regulamentos técnicos e procedimentos de avaliação da conformidade⁴² nacionais, quando for interesse de outro país membro da OMC. Caso ocorra modificação ou introdução de novos regulamentos técnicos ou procedimentos de avaliação da conformidade que não se baseiem em normas internacionais e que exerçam prejuízo significativo às exportações de outro país, tais propostas devem ser notificadas por escrito ao Secretariado do Comitê de Barreiras Técnicas ao Comércio, com antecedência suficiente que permita aos demais países realizarem comentários, caso seja de seu interesse⁴³.

⁴⁰ O Acordo não explicita os organismos admitidos como responsáveis pela elaboração de normas técnicas internacionais, mas tem-se que ISO, IEC, ITU e CAC são aceitos como tais.

⁴¹ O tema metrologia, apesar de sua reconhecida importância, ainda enseja certa controvérsia nos debates internacionais que o cercam atualmente, não estando, portanto, presente nas discussões desenvolvidas no âmbito do Acordo TBT.

⁴² Sobre tais conceitos ver seção 2.3.3.

⁴³ Para maiores detalhes sobre essa atuação, ver: <<http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas>>, acesso em 08/01/2008.

Com tais disposições, pretende-se evitar que, ao regulamentarem a comercialização de produtos em seu território, países introduzam instrumentos de mera proteção ao mercado doméstico. Vale notar que as informações fornecidas pelos países-membros da OMC podem representar importantes avanços para o aprendizado tecnológico, proveniente do conteúdo dos documentos técnicos publicados⁴⁴. Este fator é de fundamental importância, uma vez que, conforme ressaltado por Possas (1996), a consolidação de mecanismos de difusão da informação tecnológica e de comércio exterior representa importante componente de política que atua sobre a competitividade sistêmica.

Mesmo com o arcabouço institucional fornecido pelo Acordo TBT, os padrões técnicos tornam-se paulatinamente restritivos, de conteúdo tecnológico cada vez mais avançado, dificultando que países menos desenvolvidos se adaptem aos mesmos no nível desejado.

O efeito mais premente dessa proteção consiste no prejuízo direto da competitividade do país no mercado internacional, afetando, em última instância, o desnível entre países desenvolvidos e aqueles menos desenvolvidos⁴⁵. Uma das implicações dessa observação é o recrudescimento do que Dosi, Pavitt e Soete (1990) denominam ‘*gaps* tecnológicos’, que, segundo os autores, parecem explicar a composição internacional do comércio por países em cada setor, em detrimento de mecanismos de vantagem comparativa, de menor significância.

Além disso, adotando-se, *stricto sensu*, o conceito estabelecido pela OMC, muitas das dificuldades encontradas pelas empresas que tentam exportar⁴⁶ não podem ser consideradas barreiras

⁴⁴ Conforme análise proposta em WTO (2005, p. 41), esta afirmativa se justifica, devido ao seguinte argumento: “padrões podem embutir considerável conhecimento tecnológico. Firms podem acessar e adquirir este conhecimento, e os padrões podem servir, portanto, como veículo para a difusão de tecnologia entre países” (tradução nossa).

⁴⁵ Esta questão foi levada em consideração no texto do Acordo, onde são feitas observações quanto à condição especial dos países menos desenvolvidos no comércio internacional, no intuito de garantir que estes recebam tratamento diferenciado, em função de suas dificuldades tecnológicas em cumprir as rígidas exigências técnicas provenientes, em sua maioria, de países mais desenvolvidos (Artigo 12 do Acordo).

⁴⁶ “Pesquisas sugerem que algumas firmas em países menos desenvolvidos se deparam com altos custos, às vezes dobrando seus custos de produção, de modo a cumprirem com os requisitos técnicos dos principais mercados de países desenvolvidos” (WTO, 2005, p. xxx, tradução nossa).

técnicas, mas sim o que poderia ser chamado de 'barreiras tecnológicas', dadas pela sua deficiência em atender às exigências dos mercados importadores.

Em decorrência, países mais avançados se comprometem, no âmbito do Acordo, a promover programas de cooperação e assistência técnica com países menos desenvolvidos, o que poderia viabilizar transferência de tecnologia e experiência, resultando em aumento do nível de confiança entre os países, no tocante ao atendimento às exigências impostas.

Tal incentivo encontra sustentação no argumento de Freeman e Soete (1997, p. 363), para quem: “os mecanismos para a transferência internacional de tecnologia são de grande importância para formuladores de política em países menos desenvolvidos. Todo país tem muito a ganhar da troca internacional e divisão de trabalho na tecnologia e ciência mundiais” (tradução nossa).

Contudo, vale lembrar, conforme discutido no Capítulo 1, que a transferência de tecnologia exercerá efeitos positivos apenas quando o país possuir condições de assimilar e operar a tecnologia de forma eficiente, com alguma capacidade independente para gerar P&D, ainda que em seu nível menos sofisticado⁴⁷.

Em suma, o desempenho comercial de um determinado país é afetado de forma significativa por sua política de regulamentação técnica, e, por conseguinte, de investimentos em P&D que asseguram sua sustentação. De fato, em estudo desenvolvido sobre a importância de padrões para o desempenho comercial do Reino Unido, um dos resultados que chama atenção é a correlação entre P&D e o número de padrões técnicos existentes (SWANN, TEMPLE e SHURMER, 1996, p. 1307).

⁴⁷ Além disso, percebe-se que as atividades de transferência de tecnologia, contudo, não vêm sendo realizadas em uma constância suficiente para solucionar as dificuldades enfrentadas pelos países menos desenvolvidos, sendo, geralmente, realizadas de forma instrumentalizada, como uma negociação de barganha política, sem real comprometimento com o necessário desenvolvimento tecnológico.

Esta correlação é explicada por meio de duas interpretações: primeiro de que investimentos em P&D são necessários para o desenvolvimento de novas tecnologias que mais tarde sejam traduzidas em padrões, e, segundo, que muitos profissionais envolvidos nas atividades de padronização são empregados em laboratórios de P&D e que, por isso, a oferta de formuladores de padrões em diferentes indústrias é proporcional ao montante de P&D investido.

Por outro lado, o mesmo estudo revelou baixa correlação entre inovações e padronização. No intuito de desenvolver análise mais apurada sobre essa relação, faz-se necessário apresentar em maior aprofundamento a base de sustentação da padronização técnica, que reside na metrologia, a ciência das medições. Mais à frente, na seção 2.4, será construída análise em oposição a esse argumento, baseada na defesa de que a ampla complexidade do processo de padronização técnica pode exercer efeitos os mais diversos sobre a inovação tecnológica, dependendo do nível de análise.

2.3 A Metrologia e sua importância como base para a Tecnologia Industrial Básica

Posto de forma simples, as bases de comparação de noções primitivas, usualmente empregadas em qualquer sociedade, envolvem aspectos metrológicos, calcados em medidas e unidades⁴⁸. Se por um lado, a unidade se refere a um valor em termos do qual uma certa característica – medida – pode ser descrita, ao realizar-se qualquer tipo de comparação é necessário haver algo com o que se comparar – o que é conhecido como padrão de medição ou simplesmente um padrão, que atuará como referência –, promovendo a necessária rastreabilidade (ver glossário) bem como um instrumento que permita realizar tal medição. É necessário, ainda, que tal instrumento esteja calibrado (ver glossário) (MARBÁN e PELLECCER, 2002).

⁴⁸ Duas das mais conhecidas medidas com respectivas noções atribuídas e unidades: comprimento como medida de noção de distância (metro como unidade); massa como medida que remete à noção de peso (quilograma como unidade).

O melhor entendimento da dinâmica descrita pode ser obtido por meio do Quadro 2.1 a seguir, que situa a temática em dois momentos – no Egito antigo e na civilização moderna, ratificando a sua importância desde tempos remotos.

Quadro 2.1: Medições rastreáveis

	Egito antigo	Mundo Moderno
Unidade	Cúbito	Metro (Sistema Internacional)
Padrão de medição de referência (ou primário)	Cúbito de granito	<i>Gauge blocks</i> /laser, interferômetro,
Padrão de medição de trabalho	Cúbito de madeira	Micrômetros, <i>vernier caliper</i> , etc.
Aplicação	Fabricação de blocos de pedra	Controle de dimensões
Periodicidade de calibração	Toda lua cheia	De acordo com frequência de uso
Rastreabilidade	Local	internacional

Fonte: Adaptado de Senetra e Marbán (2007, p. 65).

Todos os passos acima descritos – independente da época considerada – são estabelecidos no intuito de evitar possíveis equívocos nas medições realizadas, que podem incorrer em vultosos prejuízos, já que suas influências perpassam as mais diversas atividades econômicas⁴⁹. De acordo com Goel *et al.* (2004), uma fraca estrutura de metrologia, padrões, ensaios e qualidade (MSTQ, da sigla em inglês), pode impedir a capacidade de uma indústria competir e a estratégia de melhorar tal sistema, afirmam, representa requisito básico e um primeiro passo para aprimorar o sistema de inovação⁵⁰.

⁴⁹ Nos EUA, por exemplo, atividades atreladas à metrologia, visando minimizar erros de medidas na indústria e comércio, chegam a impactar diretamente 52,8% do PIB. No mesmo país, estudos verificaram que uma redução da incerteza nas medições de diagnósticos de colesterol, de cerca de 18% ao final da década de 1970, para, aproximadamente, 5,5% mais recentemente, implicou em redução de mais de US\$ 100 milhões/ ano de gastos com tratamentos equivocados. Prevê-se, dessa forma, que a exigência de um aumento na exatidão – diminuição do nível de incerteza – das medições, por parte de um mercado comprador, ditada por razões técnicas ou mesmo políticas, pode alijar um país fornecedor da competição naquele mercado (MCT, 2001, p. 39).

⁵⁰ Um indicador da importância creditada à construção de sistemas de inovação pode ser observado por meio do seguinte dado: entre 1990 e 2003, o Banco Mundial concedeu financiamento no montante de cerca de US\$ 4,2 bilhões para projetos que envolvessem sistemas de inovação (GOEL *et al.*, 2004).

A importância da metrologia pode ser ainda entendida por meio da observação de que as diferentes atividades incluídas em seu escopo exercem impactos sobre todos os estágios posteriores que irão compor a infra-estrutura tecnológica, com influências sobre as mais diversas atividades econômicas, como pode ser atestado diante da seguinte sustentação de Temple e Williams (2002).

“Economias e sociedades como um todo dependem de medições exatas a cada estágio do processo de produção, desde P&D até *design*, produção e comercialização e até após a ‘morte’ de um produto, quando, por exemplo as consequências ambientais de descartes precisam ser avaliadas. A eficiência da atividade comercial requer que quantidades e qualidades sejam propriamente medidas para que consumidores e fornecedores tenham confiança sobre as trocas. Ademais, a viabilidade da produção em massa requer medição precisa dos componentes, de modo a assegurar a compatibilidade e a permitir a exploração de economias de escala. De fato, a introdução e desenvolvimento de novas técnicas requer a disponibilidade de técnicas e instrumentos de medição exatos em primeiro lugar” (p. 436, tradução nossa).

José Gascon, vice-presidente da Rede Metroológica do Estado de São Paulo (Remesp), ratifica esse ponto ao afirmar: “em um mercado mais evoluído, o retorno financeiro trazido pela metrologia estará ligado ao desenvolvimento de novos produtos, ou ainda nas inovações obtidas através de novos métodos ou materiais, conseguidos graças a medições e ensaios” (QUEIROZ, 2005).

2.3.1 História e evolução da Metrologia

Preocupações com a exatidão das medições podem ser encontradas até desde há mais de 5000 anos, com os chineses, responsáveis pela montagem do que pode ser considerado o primeiro sistema para criação de instrumentos-padrão para comprimento, volume e massa – que obrigava inclusive a verificação da precisão desses instrumentos (ALGARTE e QUINTANILHA, 2000).

Chama atenção a construção da mais antiga pirâmide do Egito, de Quéops, cujos blocos – que pesavam, cada um, cerca de duas toneladas e meia – se encaixavam com precisão micrométrica,

dada a criação do primeiro padrão de medida no Egito, que tinha o comprimento equivalente à distância entre o cotovelo e a ponta do dedo maior do faraó⁵¹:

“A junção das faces dos blocos era tão perfeita, que era impossível a colocação de uma lâmina de faca entre dois imensos blocos. Os historiadores atribuem essa precisão aos dispositivos de medição e conhecimentos matemáticos dos egípcios. Mas duvida-se que mesmo usando os atuais e sofisticados métodos e instrumentos de medição – que são muito superiores – eles conseguissem obter melhores resultados de montagem” (ALGARTE e QUINTANILHA, 2000, p. 18).

A partir da intensificação do comércio internacional, já no século XVI, aumenta a necessidade do estabelecimento de medidas confiáveis, diante da dificuldade em lidar com as inúmeras unidades em que eram expressas as mercadorias comercializadas nos diferentes portos, o que acarretava significativas perdas no comércio. Assiste-se, assim, a verdadeira corrida, rumo à tentativa de estabelecer unidades de medidas confiáveis, bem como de se chegar a um sistema que promovesse a harmonização dessas unidades. De acordo com Dias (1998), tais tentativas refletiam, por um lado, interesses de governos absolutistas, preocupados em manter sua influência política e econômica e, por outro, da comunidade científica, que buscava forma de aprimorar sua comunicação em nível internacional.

Primeiro passo para tal uniformização foi possível somente a partir da introdução pela França, no século XVIII, do Sistema Métrico Decimal⁵², instituindo o metro como unidade de

⁵¹ Este é um exemplo do tipo de unidades de medidas utilizadas à época – unidades antropométricas (baseadas em medidas do corpo humano). Outros exemplos podem ser citados, como a utilização da unidade de medida inglesa ‘pé’, que variava de acordo com o comprimento do pé do rei que estivesse no poder, assim como a ‘jarda’ era a distância entre o nariz e a extremidade do braço esticado do rei, senhor de todos os padrões, portanto (QUEIROZ, 2005).

⁵² Vale citar que a uniformização total desse sistema ainda não pode ser observada, como pode ser percebido por meio de caso emblemático que exemplifica como a utilização de diferentes unidades de medição pode suscitar vultosos prejuízos. No ano de 1999, a sonda *Mars Climate Orbiter*, de US\$ 125 milhões, foi enviada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) ao espaço para estudar o clima de Marte, tendo sido destruída ao entrar na atmosfera daquele planeta. No relatório final sobre a explicação para tal ocorrência, constatou-se que a causa do evento deveu-se ao fato de que os programas de computador da NASA não foram capazes de detectar as diferenças entre os dois sistemas utilizados pelas equipes envolvidas no projeto: enquanto parte da equipe utilizou o Sistema Métrico Decimal, outra parte utilizou o Sistema Imperial Britânico (que utiliza medidas como polegadas, pés e libras) para a realização de seus cálculos (Disponível em <<http://www.cnn.com/TECH/space/9909/30/mars.metric.02/>>, acesso em 10/10/2007).

medida principal⁵³. Ao final do século seguinte, 17 países reuniram-se com vistas à promoção da internacionalização deste sistema⁵⁴. A partir daí, diversos institutos nacionais de metrologia (INM) foram sendo criados, na virada do século XIX para o XX, como os pioneiros alemão, inglês, norte-americano e italiano.

A Metrologia foi então se consolidando como a Ciência que “abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia” (INMETRO, 2007c, p.23). Em função de sua aplicação, a Metrologia pode ser dividida em três ramos: científico, industrial e legal.

A metrologia científica trata do desenvolvimento da ciência das medições, a ela competindo assegurar a rastreabilidade dos padrões nacionais de medida aos padrões internacionais de mais alta exatidão, definidos pelo BIPM. A metrologia industrial, por sua vez, aplica os conhecimentos metrológicos no desenvolvimento da indústria, procurando aprimorar a competitividade de produtos e serviços.

Finalmente, a metrologia legal consiste no estabelecimento de procedimentos legislativos, administrativos e técnicos, pelas autoridades públicas, visando garantir, de maneira regulatória ou contratual, o nível apropriado de qualidade e credibilidade das medições relativas a comércio, saúde, segurança e meio ambiente (QUEIROZ, 2005). A importância da metrologia, nesse sentido, pode ser melhor entendida por meio da seguinte proposição de Temple e Williams (2002, p. 441):

“(…) apoio público às infra-tecnologias de medição também permitem a regulação de outras formas de falha de mercado, como as externalidades negativas de poluentes. Quase todos os países possuem uma infra-estrutura de metrologia legal para tornar padrões de pesos e medidas obrigatórios e para uma mais ampla proteção da saúde e

⁵³ Integram este sistema, atualmente, sete unidades de medida, desenvolvidas ao longo do tempo: (i) o metro para unidade de comprimento (m); (ii) o quilograma para unidade de massa (kg); (iii) o segundo para unidade de tempo (s); (iv) o kelvin para unidade de temperatura termodinâmica (K); (v) a candela para unidade de intensidade luminosa (cd); (vi) o ampère como unidade elétrica (A); (vii) o mole para quantidade de substância (mol).

⁵⁴ A reunião ficou conhecida como Convenção do Metro, modificada em 1921, contando, atualmente, com 51 países signatários. Durante a Convenção fundou-se, ademais, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), voltado à promoção de sistema de medição internacional único e coerente, rastreado ao Sistema Métrico Decimal. Esse sistema passou a ser denominado *International System of Units* (SI), adotado em 1960 pela 10ª Conferência Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) do BIPM. Disponível em: <<http://www.bipm.org/en/convention/>>, acesso em 04/01/2007.

da segurança do consumidor. Uma infra-estrutura de medição nacional, portanto, reduz o risco para consumidores e usuários industriais ao estabelecer padrões comuns e compatibilidades, requerendo níveis de qualidade mínimos, reduzindo variedade e definindo conjuntos de informações comuns. Nesse sentido, devem gerar vantagens similares a outras formas de padrões industriais” (tradução nossa).

Para atingir o objetivo da presente tese, é necessário, nesse momento, realizar algumas considerações sobre a aplicação específica da Metrologia à Química, já que o etanol combustível, produto cujo processo de padronização técnica foi escolhido para o estudo de caso a ser conduzido, trata-se de um composto químico.

2.3.2 Metrologia Química: algumas considerações

Dados apresentados por Alves e Moraes (s/d, p. 6) indicam que o custo da qualidade envolvida nos setores econômicos que apresentam atividade em química (como farmacêutico, petroquímico e alimentício), em relação às certificações, mão de obra, calibrações e equipamentos para controle de produto e processo, pode chegar a cerca de 5 a 10% do custo final de produção

Apesar da histórica evolução da Química como Ciência e sua indiscutível importância e abrangência, discussões sobre Metrologia a ela aplicada são de horizonte mais recente, ao contrário do ocorrido na Física, Ciência objeto dos principais avanços metrológicos desde os primórdios da evolução do tema.

Consenso acerca da definição internacional para a unidade de medida em Química – quantidade de matéria, ou mol – surgiu apenas no ano de 1971, durante a 14ª Conferência Geral sobre Pesos e Medidas (CGPM) do BIPM (MARBAN e PELLECCER, 2002)⁵⁵. Vale notar que,

⁵⁵ Conforme sustentado por Alves e Moraes (s/d), contudo, o mol como unidade de medida é ainda muito pouco utilizada pelos laboratórios que, geralmente expressam os resultados das análises químicas em unidades como ppm, g/L, mg/kg, %, normal e etc. Esse tipo de conduta impõe dificuldade adicional, no que diz respeito à rastreabilidade direta das medições ao mol, o que, segundo os autores deixa entrever uma imagem de desorganização na metrologia aplicada à química, quando comparada à metrologia física.

mesmo a aplicação de conceitos bem definidos em Metrologia Física – como unidades de medidas, padrões, cadeias de rastreabilidade e incertezas – torna-se um exercício de difícil realização quando se trata de Metrologia Química (ver Quadro 2.2). Uma diferença básica consta até na denominação do termo padrão, utilizado em Metrologia Física, sendo mais comumente utilizado, em Metrologia Química⁵⁶, o termo ‘material de referência’ ou, ainda, ‘método primário de referência’, definido em duas perspectivas:

“Material de referência (MR): material ou substância que tem um ou mais valores de propriedades que são suficientemente homogêneos e bem estabelecidos para ser usado na calibração de um aparelho, na avaliação de um método de medição ou atribuição de valores a materiais” (ABNT/ISO Guia 30, 2000, p.1).

“Material de referência certificado (MRC): material de referência, acompanhado por um certificado, com um ou mais valores de propriedade, certificado por um procedimento que estabelece sua rastreabilidade à obtenção exata da unidade na qual os valores da propriedade são expressos, com cada valor certificado acompanhado por uma incerteza para um nível de confiança estabelecido” (IDEM, p. 1).

Quadro 2.2 - Padrão Físico *vis-a-vis* Padrão Químico (ou Material de Referência)

Padrão Físico	<ul style="list-style-type: none"> - padrão não-destrutivo - permite medição direta da grandeza* de interesse - possui unidade* de medida* bem-definida - incertezas* bem caracterizadas
Padrão Químico (ou material de referência)	<ul style="list-style-type: none"> - a maioria dos padrões empregados é destrutiva - medição indireta da grandeza de interesse - avaliações complexas das incertezas - unidades de medidas não padronizadas - valor da grandeza depende da presença de interferentes da matriz, amostragem, preparação de amostra e método analítico

(*) Ver glossário.

Fonte: Adaptado de Alves e Moraes (s/d, p. 4).

Posto de forma simples, o MRC é um material de referência que vem acompanhado de um certificado, emitido pelo instituto que fornece garantia dos procedimentos utilizados para tal

⁵⁶ Vale ressaltar a complexidade inerente à realização de análises em Química “em decorrência da enorme quantidade de substâncias a serem determinadas em níveis de concentrações de átomos até 100%, dispersos em um universo com um número infinito de matrizes analíticas” (ALVES e MORAES, s/d, p. 2).

confeção, em geral o INM daquele país, ou de algum outro que forneça a referida garantia. Ou seja, a certificação é o processo pelo qual se adiciona confiabilidade a um MR.

Em 1975, foi criado, no âmbito da ISO, o Comitê sobre Materiais de Referência (*Reference Materials Committee*, REMCO), com o objetivo de conduzir a harmonização e promoção internacional de MRC, bem como sua produção e aplicações. De acordo com o REMCO, MRC provêm ‘*benchmarks* de medição’ que podem utilizados para calibrar ou avaliar a exatidão de análises químicas (ISO, 2000)⁵⁷.

As questões aqui introduzidas serão de extrema importância, não apenas para ressaltar o caráter estratégico de um dos ramos mais recentes de aplicação da Metrologia – em Química – mas também, e principalmente, mediante a análise a ser conduzida no estudo de caso. Além disso, faz-se ainda necessário apresentar, de forma estruturada, as atividades que envolvem metrologia e padronização técnica.

2.3.3 Uma análise estrutural das atividades englobadas na padronização técnica

Aspecto fundamental presente nos três ramos da metrologia anteriormente citados – científico, industrial e legal –, refere-se à necessidade cada vez maior de utilização de níveis mínimos para a incerteza nas medições, obtidos por meio de expressivos investimentos em P&D, o que demonstra o íntimo relacionamento entre metrologia e ciência e tecnologia (C&T). Ademais, os

⁵⁷ Ressalta-se que para a obtenção de confiabilidade metrológica nessas análises, os MR são somente um dos itens indispensáveis, havendo necessidade de atentar para outros fatores de igual importância, como a aplicação de conceitos de Boas Práticas de Laboratório e treinamentos dos analistas. Outros pontos, de acordo com Alves e Moraes (s/d) devem ser observados: que os MR sejam adequados à utilização e às condições em que se pretende realizar as análises, e que sejam também utilizados pela mesma técnica e metodologia que os certificou, apresentem matriz e características físicas e mecânicas semelhantes às das amostras a serem analisadas para que as operações envolvidas nas análises sejam sujeitas às mesmas condições analíticas. É necessário ainda se ater ao fato de se os MR adquiridos estão prontos para utilização ou se necessitam de preparações que, muitas vezes, exigem rigorosas condições laboratoriais, que podem não existir e equipamentos ou reagentes específicos que o usuário deverá adquirir. O prazo de validade dos MR também deve ser um fator considerado, dadas as dificuldades de importação que podem estar envolvidas, já que muitos destes materiais são considerados produtos perigosos e alguns podem exigir autorizações especiais para importação.

recursos destinados ao investimento na área metrológica são majoritariamente fornecidos pelo Estado, por funcionarem como um bem público. Nesse sentido, vale introduzir contribuição de Swann (1999), com importantes implicações sobre delineamento de políticas, diante da necessária atuação do Estado para uma bem-sucedida relação sinérgica entre os três campos:

“É importante distinguir entre a pesquisa nas medições, o desenvolvimento de ferramentas e infra-estrutura, e o uso operacional de medições, já que as questões econômicas são distintas. Nota-se, também, que quando se fala dos benefícios econômicos das medições, é importante distinguir entre aqueles que resultam diretamente para o usuário que paga por um serviço metrológico para seu próprio uso, e o benefício social mais amplo que resulta do investimento público em programas de metrologia. Todas as três causas genéricas de falha de mercado (externalidades, economias de escala e informação assimétrica) podem ser relevantes, mas defende-se que externalidades consistem na questão que requer mais atenção” (p. 1, tradução nossa).

Dessa forma, é estratégico o papel do Estado, realizando os investimentos necessários aos avanços metrológicos, com efeitos diretos sobre o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que logre gerir de forma eficiente os recursos gerados pelas atividades relacionadas à metrologia legal.

Tomando como base o benefício social mais amplo pertinente a programas de metrologia, cujo caráter de bem público exige vultosos investimentos, bem como elementos de integração, é de se esperar que tais atividades, em nível nacional, sejam exercidas sob a égide de um órgão central. Esse papel está associado ao instituto nacional de metrologia (INM), que será responsável por deter em seu poder – ou até desenvolver, o que dependerá de sua capacidade tecnológica – os padrões metrológicos que servirão como referência para futuros avanços no campo dos demais pilares do sistema de medições. Posteriormente, esses padrões metrológicos constituirão base para a padronização tecnológica que se pretende atingir nas mais diversas atividades econômicas, por permitir a verificação do cumprimento das exigências constantes do conteúdo de padrões técnicos (normas e regulamentos técnicos).

Os conceitos de normas e regulamentos técnicos estabelecem características de um produto ou de métodos e processos de produção (apenas quando estes afetarem as características finais do produto), podendo incluir requisitos de procedimento, especificação, simbologia, terminologia, padronização e classificação. Contudo, a diferença consiste em que o cumprimento dos regulamentos é compulsório (atrelado a atividades desenvolvidas pelo setor público), enquanto o das normas é voluntário (identificado com ações da iniciativa privada). Esta diferenciação, na prática, tem diminuído, à medida que as exigências de mercado vêm tornando-se a cada dia mais severas, aproximando-se de exigências de caráter compulsório. Conforme discutido na seção 2.3, o Acordo TBT da OMC estipula que o processo de elaboração de regulamentos técnicos pela esfera governamental utilize como base para seu conteúdo normas técnicas desenvolvidas pela esfera privada, especialmente em âmbito internacional.

A importância estratégica da metrologia é, então, atestada diante da observação de que, além de constar como base para o processo de padronização técnica, possui, conforme já mencionado, características de bem-público:

“Padrões básicos representam as mais exatas declarações das leis fundamentais da física e possuem tantas aplicações diversas que são qualificados como bens públicos puros e, portanto, providos inteiramente pelo governo. Padrões básicos são relativamente poucos em número e não podem ser facilmente transportados para ou usados pela indústria. Portanto, tais padrões são convertidos em padrões de trabalho e de transferência que expressam a informação padronizada à indústria. Grande número de padrões industriais é baseado em (rastreadáveis a) padrões básicos” (TASSEY, 1999, p. 8-9, tradução nossa).

A partir daí, outras atividades atreladas à metrologia são necessárias. Para atestar o cumprimento de exigências constantes de normas e regulamentos técnicos, recorre-se a procedimentos de avaliação da conformidade, utilizados com o intuito de confirmar se requisitos técnicos estão sendo cumpridos, cuja definição é dada como “exame sistemático do grau de atendimento por parte de um produto, processo ou serviço a requisitos especificados” (INMETRO,

2007a, p. 6). Para tanto, são realizados, em laboratórios, testes, verificações, inspeções e certificações, voltados à avaliação de sistemas da qualidade, produtos, serviços e pessoal⁵⁸, para o quê é necessário haver ampla malha laboratorial capacitada.

Esses procedimentos implicam diversos benefícios tanto para produtores quanto para consumidores. Para os primeiros porque aqueles que têm seus produtos/serviços avaliados e certificados podem diferenciar-se de outros fornecedores cujo produto/serviço apresenta reduzida qualidade – ou seja, “induz à busca contínua da melhoria da qualidade” (IDEM, p. 7).

Consumidores provavelmente terão maior confiança naqueles produtos/serviços que carregam uma marca ou certificado de conformidade que ateste qualidade, segurança ou qualquer outra característica desejável. Consumidores, por sua vez, beneficiam-se dos procedimentos de avaliação da conformidade, já que provêm base para subsidiar suas escolhas dentre produtos ou serviços similares.

Para que este sistema funcione de forma confiável, é necessário, ainda, o desenvolvimento de um mecanismo associado, qual seja a Acreditação. De caráter voluntário, essa atividade representa o “reconhecimento formal, concedido por um organismo autorizado, de que a entidade foi avaliada segundo guias e normas nacionais e internacionais e tem competência técnica e gerencial para realizar tarefas específicas de avaliação da conformidade de terceira parte” (INMETRO, 2007a, p. 39)⁵⁹.

Em nível internacional, a confiança no trabalho de organismos de Acreditação e, de forma mais geral, de todos os usuários de um sistema de avaliação da conformidade, pode ser alcançada por meio do reconhecimento mútuo de que resultados da avaliação da conformidade são produzidos de forma competente por procedimentos equivalentes.

⁵⁸ Para maiores informações sobre os mecanismos de avaliação da conformidade, ver Inmetro (2007a).

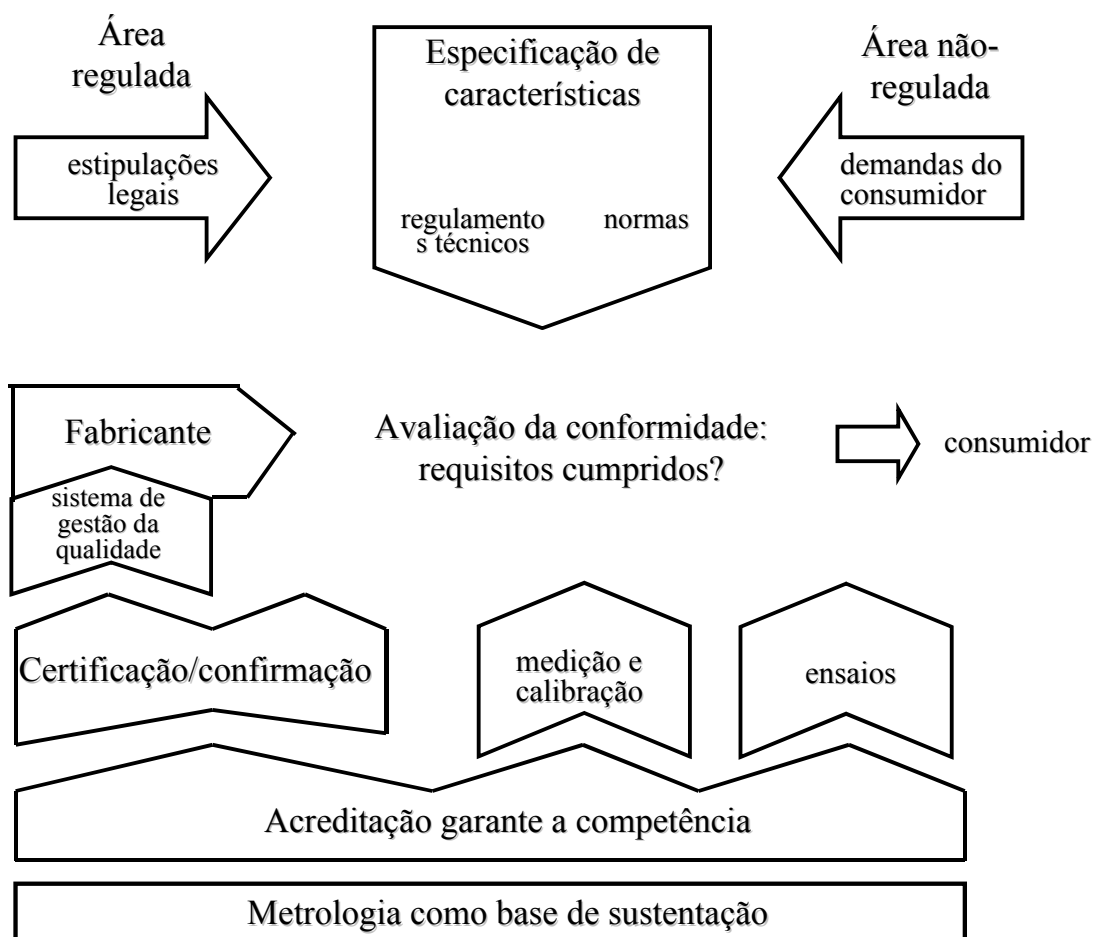
⁵⁹ A norma ISO IEC Guia 65 representa a base para a Acreditação de organismos que atuarão na avaliação de produtos, processos ou serviços, a norma ISO IEC Guia 62 é utilizada para o caso de Acreditação de organismos para avaliação de sistemas de gestão.

O estabelecimento de Acordos de Reconhecimento Mútuo (ARM) vem representando uma tendência entre blocos econômicos e entre países, sendo a tônica hoje a harmonização dos sistemas de metrologia, normalização e avaliação da conformidade, tomando-se em conta as peculiaridades de cada modelo de organização (MCT, 2001). Tais mecanismos podem auxiliar na superação de entraves relacionados à sujeição de produtos exportados a repetidas avaliações da conformidade devido à falta de confiança dos usuários do país importador, com relação à competência de organismos no mercado exportador.

A breve sistemática acima descrita pode ser melhor compreendida na Figura 2.1, que mostra como certificadores externos testam, avaliam e confirmam (certificam) que produtos e serviços estão de acordo com regulamentos técnicos ou normas relevantes (avaliação da conformidade), cujas características são especificadas tanto por demandas dos consumidores como por estipulações legais. Organismos de Acreditação autorizados testam, confirmam e monitoram a competência de certificadores e a dos fornecedores de serviços de medição, de calibração e de ensaios. É importante destacar que todo o esquema reproduzido só pode ser atingido tendo uma forte base de sustentação, dada pela metrologia em seu escopo mais ampliado (com ênfase em atividades de caráter científico), fornecida e conduzida pelo INM.

Essa relação sinérgica vem sendo analisada sob diferentes óticas. Meyer-Stamer (1998, p. 1), por exemplo, propõem o conceito de infra-estrutura de MSTQ que: “significa metrologia, padrões, ensaio, e garantia da qualidade. A existência de infra-estrutura institucional desenvolvida nesse campo é geralmente tida como um pré-requisito chave para bem-sucedido desenvolvimento” (tradução nossa).

Figura 2.1 – Relação Sinérgica entre Ambientes: Metrologia, Padronização Técnica, Avaliação da Conformidade e Acreditação



Fonte: Elaborada com base em UNIDO e ILAC (2003), *apud* BMZ (2004, p. 20).

Senetra e Marbán (2007) fornecem, para tais atividades, o conceito de infra-estrutura da qualidade, que se refere “a todos os aspectos da metrologia, padronização, ensaios e gestão da qualidade, incluindo certificação e acreditação. Isso inclui tanto instituições privadas quanto públicas e o arcabouço regulatório em que operam” (p. 13, tradução nossa).

Uma outra definição, proposta por Tassej (2004, p. 185), também eventualmente utilizada ao longo da pesquisa, refere-se ao conceito de infra-tecnologias, mais associado à metrologia. Nas palavras do autor:

“Essas infra-tecnologias – ou tecnologias estruturais – podem ser definidas como um conjunto variado de ‘ferramentas técnicas’ necessárias à condução eficiente de todas as fases de P&D, para controlar os processos de produção e para executar transações de mercado para bens de base tecnológica complexa. Incluem medições e métodos de ensaio, artefatos como materiais de referência padrão, que permitem que estes métodos sejam utilizados eficientemente, base de dados científica e de engenharia, modelos de processo e base técnica para interface de produtos” (tradução nossa).

No Brasil, as atividades envolvidas no processo de padronização técnica estão abarcadas sob o conceito de Tecnologia Industrial Básica (TIB), caracterizado como o conjunto de funções tecnológicas de uso indiferenciado pelos diversos setores econômicos – indústria, comércio, agricultura e serviços – compreendendo as seguintes áreas: metrologia; normalização e regulamentação técnica; avaliação da conformidade; e, ainda, tecnologias de gestão; propriedade intelectual; informação tecnológica⁶⁰ (MCT, 2001).

Após essa descrição da importância sistêmica das atividades relacionadas ao processo de padronização técnica, bem como da necessidade de se analisar a metrologia como sua base de sustentação, pode-se voltar a uma discussão mais aprofundada sobre a relação entre metrologia, padronização técnica e inovação tecnológica, ainda que alguns pontos acerca da relação entre padronização técnica e inovação já tenham sido de alguma forma abordados no Capítulo 1.

2.4 Metrologia, padronização técnica e inovação tecnológica

Assim como Swann, Temple e Shurmer (1996), Cowan e Cowan (1994) defendem que padronização e inovação estariam inversamente relacionadas, por sustentarem que a primeira

⁶⁰ Essas três últimas não serão objeto de pesquisa da tese.

promove redução de variedades, tendo, portanto, como um de seus efeitos diretos a redução da introdução de inovações. Defende-se aqui que esse tipo de argumentação enseja explicação simplista para o estudo da relação entre padronização e inovação. Conforme será demonstrado nas discussões que se seguem, tal relação está, na realidade, imbuída em uma gama de complexa inter-relações entre a introdução de padrões e o processo inovativo.

Em livro publicado em 1981, Rothwell e Zegveld dedicam atenção às influências exercidas por marcos regulatórios sobre a atividade inovadora, por meio do exame de diversos estudos conduzidos sobre tal temática. Os autores reconhecem, contudo a dificuldade de se realizar qualquer tipo de conclusão mais contundente acerca da natureza dessas influências – em alguns casos foram registrados influências positivas e em outros efeitos negativos de regulamentos sobre o dinamismo inovador⁶¹.

A complexidade dessa relação é também sustentada por Tassej (1999), ao afirmar que, apesar da dificuldade de se analisar os efeitos dos padrões sobre a inovação, algumas inferências podem ser realizadas, de acordo com a função exercida pelo padrão em questão. O autor resume os efeitos de padrões sobre a competitividade e a capacidade inovadora da indústria por meio da seguinte passagem:

“Padronização afeta tanto a inovação quando a difusão tecnológica. Também pode influenciar a estrutura industrial e desse modo ajudar a determinar quais as firmas que se beneficiam e quais as que não se beneficiam com a mudança tecnológica. Portanto, uma preocupação da política de P&D deve ser a trajetória evolucionária pela qual uma nova tecnologia se torna padronizada. Ao longo do ciclo de vida de uma tecnologia, a padronização pode afetar a eficiência econômica. Entretanto, tais efeitos podem ser tanto positivos quanto negativos. Por exemplo, a padronização pode aumentar a eficiência num ciclo de vida de uma tecnologia, mas pode também prolongar ciclos de vida a um grau excessivo, inibindo o investimento em inovação tecnológica responsável por criar um novo ciclo” (TASSEY, 1999, p. 1-2, tradução nossa).

⁶¹ Vale ressaltar que a análise de Rothwell e Zegveld (1981) não é exclusivamente voltada à influência de regulamentos técnicos, mas de marcos regulatórios como um todo.

No que diz respeito a padrões voltados à promoção de compatibilidade e interoperabilidade, o autor afirma que, uma vez que proporcionam sistemas abertos, permitem que múltiplos componentes de *design* proprietários coexistam – ou seja, permitem a inovação em nível de componente, por serem competitivamente neutros com respeito ao *design*. Por outro lado, conforme afirma Tassef (1999), aqueles padrões destinados à redução de variedade estão incluídos na categoria de padrões cujos efeitos sobre a inovação é mais difícil de se calcular – podem tanto ter efeitos positivos quanto negativos sobre a inovação. Da mesma forma, padrões direcionados a aspectos de *design* do produto têm efeito mais restritivo sobre a inovação do que aqueles dirigidos ao desempenho dos produtos, por permitirem flexibilidade de *design* de produtos e serviços que atendam aos requisitos estipulados. Ademais, o autor chama atenção para o fato de que uma padronização excessiva durante fase inicial do ciclo de vida de uma dada tecnologia pode acabar restringindo a atividade inovadora.

Já no que se refere à associação entre padronização e difusão de inovações – uma vez que a maioria dos autores realiza tal distinção estanque; posicionamento ao qual se adota postura divergente na presente tese – esta vem sendo amplamente defendida. Em WTO (2005, p. 41), argumenta-se que padrões são tão importantes para o crescimento quanto patentes por atuarem como catalisadores para a disseminação de inovações tecnológicas no mercado.

Argumento similar, como visto, sustentam Shapiro e Varian (1999), ao defenderem que padrões devem ser encarados como mecanismos necessários à difusão de nova tecnologia, especialmente ao se adotar a hipótese de que as firmas, por receio de serem superadas por uma inovação subsequente de uma firma dominante, podem esperar para adotar uma nova tecnologia, o que poderia ser dirimido diante da existência de um padrão técnico.

Entretanto, há outros posicionamentos em defesa da hipótese de que a padronização teria efeitos positivos não apenas sobre a difusão de determinada inovação, mas sobre a própria geração

de inovações. Em estudo conduzido por Blind *et al.* (1999 *apud* WTO, 2005, p. 59), observou-se correlação positiva entre aplicações de patentes e novos padrões técnicos, especialmente em áreas inovadoras. Segundo estes autores, setores com maior propensão para padronização tendem a ser mais intensivos em patentes e em exportação e, ademais, setores caracterizados por maior taxa de inovação são mais prolíferos em padrões porque inovações tornam os padrões existentes obsoletos e induzem à publicação de um documento revisado.

Ainda com relação a esse tema, cabe retomar contribuição de Malerba (2003) que, partindo de análise acerca dos resultados obtidos em projeto desenvolvido na Europa para estudar os determinantes comuns à liderança industrial em setores chave, elenca aqueles relativos às políticas tecnológica e pró-inovação como de importância significativa⁶², dentre os quais merecem destaque aqueles referentes à elaboração de leis e normas específicas, de tipos de padrões e apoio do governo. O autor enfatiza, por exemplo, a importância da padronização na indústria de celulares, setor altamente intensivo em inovações, o que vem a dirimir argumentos que associam a existência de padrões a baixo dinamismo inovativo.

Best (2001, p. 233) defende mesma linha de argumentação, enfatizando a importância, para a competitividade, de política industrial dirigida à difusão de padrões e outros serviços de apoio ao avanço tecnológico, em detrimento da concessão de subsídios a firmas individuais.

⁶² Outros determinantes mencionados compreendem: a) capacidades tecnológicas e de pesquisa científica; b) demanda e interações com usuários sofisticados; c) estágio do ciclo de vida industrial.

Finalmente, vale mencionar contribuição adicional de Shapiro e Varian (1999), que defendem a introdução de inovações incrementais e radicais em face de duas diferentes estratégias que podem ser adotadas pelo produtor interessado em solucionar o problema da inércia do consumidor e em influenciar o padrão vigente – respectivamente, as estratégias de *evolução* e de *revolução* da tecnologia⁶³.

A primeira está associada à promoção de compatibilidade com o padrão vigente, por meio da introdução de inovações incrementais, alterando o padrão existente, mas não de forma radical como na segunda estratégia, a revolucionária. Esta segunda representaria, portanto, tentativa de substituir o padrão vigente, introduzindo inovações radicais que permitissem o surgimento de um padrão totalmente novo, o que é notadamente mais arriscado, e requer, portanto, a formação de alianças para a obtenção de sucesso⁶⁴.

No que diz respeito ao papel de padrões introduzidos pelo setor público por meio de políticas de regulação, de acordo com Gregersen (1992):

“(…) a despeito do corrente ‘debate sobre desregulação’, [...] o instrumento regulação pode ser um meio efetivo de compassar inovações socialmente desejáveis por parte do setor privado se as negociações sociais e institucionais precedentes ocorrem entre agentes qualificados e especialistas, tanto no âmbito público quanto no privado” (GREGERSEN, 1992, p. 145, tradução nossa).

Gregersen (*op. cit.*), em consonância a Rothwell e Zegveld (1981) e a Tassej (1999), salienta, entretanto, que é extremamente difícil determinar se os efeitos desses mecanismos sobre o processo de geração e difusão de inovações serão positivos ou negativos.

⁶³ Ressalva deve ser feita quanto a essa separação estanque entre estratégia evolucionária e revolucionária, bem como entre inovação incremental e radical, constituindo simplificação significativa. Nesse sentido, destaca-se o seguinte argumento: “mudança tecnológica e inovação devem ser encaradas como processos históricos que podem possuir tanto desenvolvimentos incrementais como descontínuos” (LEVINTHAL, 1998 *apud* FIALHO *et al.*, 2003, p. 325, tradução nossa).

⁶⁴ Shapiro e Varian (1999), contudo, argumentam que existem alguns obstáculos com relação à migração de uma tecnologia a outra, tanto de ordem técnica quanto de ordem legal. Os obstáculos técnicos referem-se à necessidade de se desenvolver tecnologia compatível e, ainda assim, superior aos produtos existentes. Com relação a obstáculos de ordem legal e contratual, é necessário obter o direito de vender produtos com a base instalada de produtos existentes.

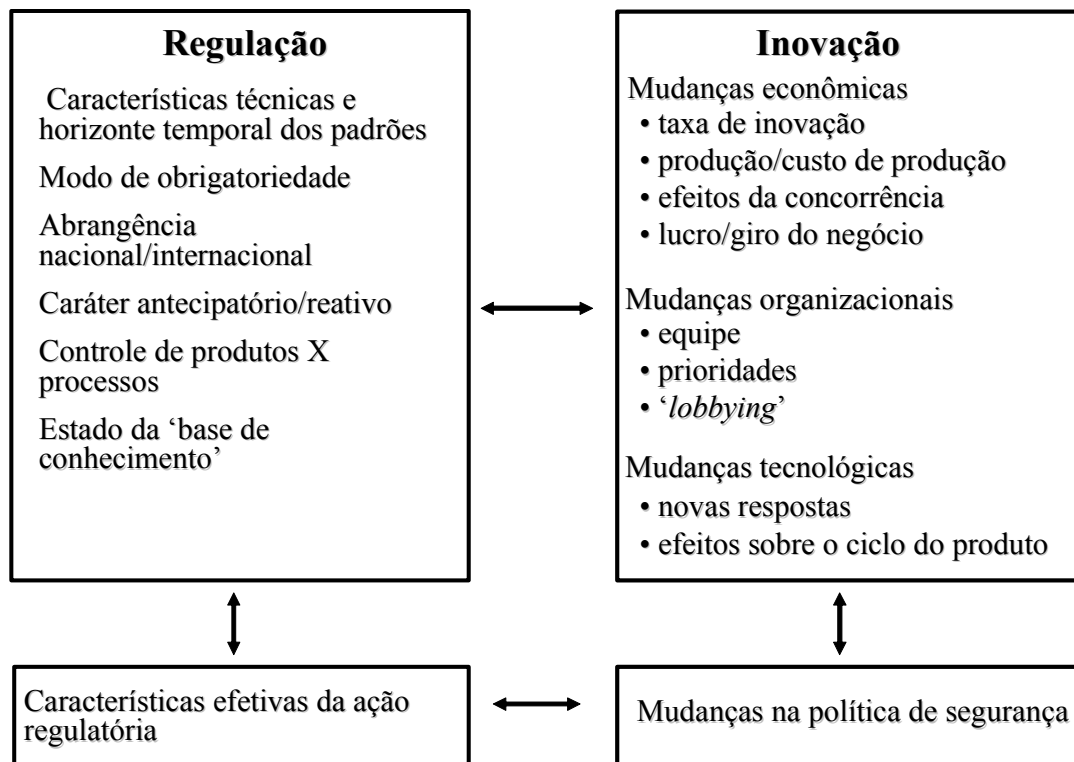
Isso se dá, segundo o autor, devido a alguns problemas metodológicos que devem ser considerados durante a condução de estudos sobre o tema, como a dificuldade em se isolar tais efeitos de outros fatores internos e externos ao processo, a necessidade de evitar análises que tentem avaliar apenas a atuação da regulação sobre uma específica inovação, bem como de promover análise sobre uma mesma gama de inovações desconsiderando-se suas particularidades temporais. Dessa forma, qualquer análise mais específica sobre o tema, de acordo com Gregersen, dependerá fortemente do setor sob consideração.

É dessa forma que Irwin e Vergragt (1989, *apud* GREGERSEN, 1992, p. 140) propõem o estudo das *inter-relações* entre regulação e inovação, baseado numa “perspectiva sócio-técnica mais complexa”. O modelo proposto pelos autores está resumido na Figura 2.2, em que a forma da regulação irá afetar a resposta corporativa e, por sua vez, o caráter dessa resposta afetará futuras regulações. É dessa forma que, sob tal perspectiva, inovação e regulação representam parte de um mesmo processo social e técnico.

Dentre as características da regulação que exercem efeitos sobre a inovação, propostas no modelo, merece destaque, para efeitos da presente proposta, aquela referente à sua abrangência nacional/internacional. Tal fato se dá, porque, conforme salienta Gregersen (1992, p. 141)⁶⁵, se no curto prazo a competitividade internacional de algumas firmas pode ser negativamente afetada por uma regulação muito rígida, no longo prazo, a mesma regulação pode proporcionar vantagens àquelas firmas, caso regulações rígidas sejam também adotadas em mercados compradores mais tarde. Ademais, a importância do setor público no modelo, é enfatizada não apenas para o estabelecimento dessas vantagens sob o prisma de indústria nascente, mas também para sua manutenção no cenário internacional.

⁶⁵ É importante salientar que a análise do autor é dedicada ao caso específico de regulações na área ambiental. Entretanto, admite-se aqui ser possível realizar argumentação similar, para o caso mais amplo de regulamentos técnicos em geral.

Figura 2.2 – O Modelo Interativo de Regulação-Inovação



Fonte: Elaborada com base em Gregersen (1992, p. 141).

Esses são pontos importantes para a condução da tese, já que será considerado que este foi o caso da indústria brasileira de etanol combustível, na qual a introdução pelo Estado de regulamentos técnicos, de forma antecipada ao mercado internacional, permitiu a obtenção de vantagens para essa indústria, que posteriormente continuaram a exigir forte atuação do setor público para a manutenção de tais vantagens, conforme será discutido no Capítulo 6.

Já no que diz respeito às atividades relacionadas à metrologia, Temple e Williams (2002) afirmam que a tecnologia de medição, por possuir utilização de escopo consideravelmente amplo, assim também o são seus correspondentes impactos sobre inovação e produtividade. Na mesma linha, Swann (1999) defende que tais tecnologias exercem efeitos positivos sobre a atividade

inovadora das firmas, o que é mais fácil de identificar, segundo o autor, diferentemente do que ocorre com a análise sobre a relação entre padrões técnicos e inovações, em sua opinião de natureza mais complexa.

Swann (1999) sustenta que um sistema de medições nacional que exceda certo nível mínimo pode oferecer significativas vantagens às firmas daquele país, já que os institutos que realizam atividades de metrologia, conforme afirma, não realizam apenas pesquisa, mas também auxiliam na incorporação dos resultados atingidos por parte daqueles que não possuem entendimento mais amplo da pesquisa básica⁶⁶. Swann (*op. cit.*) defende, ademais, o papel do Estado na provisão desses recursos:

“Sistemas de medição financiados pelo setor público encorajam os tipos de inovação introduzidos que rompem a estabilidade e a familiaridade. Então, mesmo que competindo por parte do orçamento alocado à inovação, a metrologia deve ser vista como uma atividade complementar à inovação. Na ausência das técnicas de medição necessárias, não é possível obter sucesso na inovação. Aqueles que não são bem-sucedidos nas novas características não investirão na criação de metodologias de medição relevantes. ‘Clubes’ de metrologia talvez venham a ser capturados por aqueles que são resistentes a novas dimensões de produto que ameacem sua posição competitiva. Portanto, uma infra-estrutura metrológica de caráter público é necessária para o avanço inovativo mais radical” (p. 36, tradução nossa).

Tassey (2004) segue mesma linha de argumentação, defendendo que o que denomina de infra-tecnologias – da mesma forma que, por exemplo, mão-de-obra qualificada, capital financeiro – vão funcionar como ativos complementares para o bem-sucedido desenvolvimento e comercialização de novas tecnologias.

⁶⁶ É importante esclarecer que a defesa de investimentos públicos em P&D voltada para a metrologia não deve ser encarada como parte de uma perspectiva ‘*science-push*’ para o processo de geração de inovações. Ao contrário, defende-se uma complementaridade entre as atividades a serem desenvolvidas – gerando avanços científicos que mais tarde venham a fomentar a introdução de inovações por parte da indústria ao mesmo tempo em que desenvolva padrões primários de acordo com as demandas da indústria, atendendo a interesses estratégicos.

Assim, de acordo com o sustentado no Capítulo 1, quando a separação estanque entre os processos de geração da inovação e de sua difusão foi rebatida, defende-se que a busca pela introdução de inovações que venham a modificar ou estabelecer um novo padrão tecnológico naquele ramo, indústria, ou mesmo mercado, enseja estratégia extremamente ambiciosa, fomentando, ao contrário de eliminar, os lucros do empresário que a introduziu.

Após a exposição acima sobre a relação entre padronização tecnológica e o processo inovativo, é possível apresentar o estado da arte sobre o tema no Brasil, objeto da seção que se segue.

2.5 Metrologia e padronização técnica no Brasil

O Brasil foi um dos primeiros países a adotar o Sistema Métrico Decimal, em 1862. Cem anos mais tarde, em 1961, foi criado o Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), instituindo o Sistema Internacional de Unidades (SI) em território nacional. O campo da metrologia que se desenvolveu mais rapidamente nos primórdios da experiência brasileira foi o da metrologia legal, presente já na legislação específica do ano de 1967. Tal legislação marca também o início do processo de criação dos órgãos metrológicos estaduais que implantou, à época, a Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade (RBMLQ)⁶⁷. Na área da qualidade, apenas iniciava-se a implantação das denominadas Redes Brasileiras de Laboratórios de Ensaios (RBLE) e de Calibração (RBC)⁶⁸ (DIAS, 1998).

⁶⁷ Atualmente é composta pelos Institutos de Pesos e Medidas (IPEM), que atuam como braço da metrologia legal em todos os estados da federação, seguindo as diretrizes estipuladas pelo INM.

⁶⁸ RBLE e RBC são compostas por laboratórios, de âmbito público ou privado, acreditados pelo Inmetro para a prestação de serviços à indústria e a todos os interessados relacionados a, respectivamente, ensaios e calibração (mais informações em <<http://www.inmetro.gov.br>>).

Posteriormente, em 1973, as atividades do INPM foram ampliadas, dando lugar ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). Nesse mesmo ano, o Brasil, de forma pioneira, elaborou um sistema integrado – o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), constituído por entidades públicas e privadas (MCT, 2001)⁶⁹.

De acordo com Ferraz (1989, p. 22), ao final da década de 1980, os institutos de pesquisa não eram capazes de oferecer o respaldo tecnológico requerido pelo parque industrial brasileiro, especialmente no que se refere ao que o autor denomina de funções tecnológicas (ver seção 1.4). Em suas palavras:

“(…) para que ocorra a geração de produtos e processos são necessários investimentos na infra-estrutura que dê suporte as atividades que irão promover a modernização tecnológica do país. [...]. É fundamental e necessário que ocorra um processo de articulação entre as agências em torno de programas de desenvolvimento tecnológico e que estes explicitem a importância e busquem a complementaridade das funções tecnológicas. A história recente das instituições de fomento indica que este deve ser o maior empecilho para a montagem e implementação técnica de políticas de desenvolvimento industrial e tecnológico”.

É desta forma que, de acordo com Meyer-Stamer (1998), algumas deficiências eram notáveis na infra-estrutura de MSTQ brasileira, dentre as quais merecem destaque: a falta de padrões tecnológicos fundamentais para assegurar compatibilidade a normas internacionais; o número reduzido de normas técnicas elaboradas nacionalmente, bem como sua limitada utilização por parte das empresas; e a falta de aceitação em mercados externos daquelas certificações realizadas pelo Inmetro⁷⁰. O autor reconhece o início do processo de reestruturação da infra-estrutura de MSTQ

⁶⁹ O Sinmetro é orientado por um órgão colegiado de nível ministerial – o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro) –, responsável por traçar as diretrizes para as atividades relacionadas à infra-estrutura de TIB no Brasil. Atua por meio de comitês técnicos assessores, abertos à participação da sociedade, atualmente, compostos por: Comitê Brasileiro de Avaliação da Conformidade (CBAC), Comitê Brasileiro de Metrologia (CBM), Comitê Brasileiro de Normalização (CBN), Comitê Brasileiro de Regulamentação, Comitê de Coordenação de Barreiras Técnicas ao Comércio (CBTC), Comitê Codex Alimentarius do Brasil (CCAB). Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/historico.asp>>, acesso em 02/04/2006.

⁷⁰ Cabe ressaltar que à época o Instituto ainda realizava atividades de certificação, o que deixou de ocorrer a partir de 1992, como será discutido mais à frente.

brasileira, mas chega a duvidar da capacidade de organismos chave como o Inmetro e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)⁷¹ de se ‘reinventarem’, e levanta a hipótese de que ambos pudessem até mesmo vir a serem substituídos por outras entidades.

A despeito da dúvida levantada por Meyer-Stamer (1998), assistiu-se a processo de intensa reestruturação, que resultou na colocação do Inmetro e da ABNT em patamares centrais nas atividades referentes à metrologia e à avaliação da conformidade, no caso do primeiro, e à normalização técnica, no caso da segunda.

Esse processo começou com o lançamento, ainda em 1990, num contexto de abertura da economia, do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP)⁷², possibilitando a estruturação dos campos científico e industrial da metrologia, que compõem a base de sustentação de atividades relacionadas à padronização técnica. Até então, por um lado, o cenário de baixa concorrência devido à economia fechada isentava as firmas de terem que atender requisitos de qualidade, já que conseguiam vender seus produtos sem dificuldade; por outro, a baixa participação no comércio exterior ‘poupava’ as empresas da influência de exigências internacionais mais rígidas.

A Resolução nº 1 do Conmetro, de 8/01/1992, abriu caminho para um novo modelo, revogando as resoluções que determinavam o registro, pelo Inmetro, das normas voluntárias, que passou a ser de responsabilidade da ABNT. O Inmetro também deixou de atuar na área da certificação voluntária, onde a decisão passou a ser empresarial e a emissão de certificados de conformidade de responsabilidade dos organismos acreditados pelo Instituto (DIAS, 1998).

Em 1995, de acordo com Dias (*op. cit.*), deu-se início ao Plano de Modernização do Inmetro, contando com 27 projetos específicos. Apenas no biênio 1996-97 foram investidos no Instituto

⁷¹ Maiores informações sobre a ABNT podem ser obtidas em <<http://www.abnt.org.br>>.

⁷² O PBQP era composto por 5 subprogramas gerais, 2 dos quais sob a coordenação do Inmetro: (i) conscientização e motivação para a qualidade e produtividade, promovidas por meio de campanhas de divulgação, congressos, seminários, prêmios, estudos e pesquisas; (ii) adequação dos serviços tecnológicos p/ qualidade e produtividade (que incluía projetos do Instituto já formulados no início dos 1980s). O PBQP colocava o Instituto, dessa forma, no centro da política oficial de estímulo ao setor industrial (DIAS, 1998).

recursos da ordem de US\$ 10 milhões, pela fase II do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT)⁷³.

Com relação à atuação na padronização técnica, a ênfase recai sobre as atividades de regulamentação, por meio da qual o Estado torna compulsórios padrões técnicos elaborados pela iniciativa privada, de acordo com interesses nacionais e da sociedade. É também no cenário de abertura da economia e da ênfase do papel regulador do Estado que tem início processo de criação das agências reguladoras, específicas para cada esfera de atuação⁷⁴.

Mais tarde, diante da necessidade de promover a coordenação de políticas de regulação, foi criado, em 2005, o Comitê Brasileiro de Regulamentação (CBR), no âmbito do Conmetro. Destaque deve ser concedido à recente elaboração, ao final de 2007, do ‘Guia de Boas Práticas de Regulamentação’, com o objetivo de harmonizar as práticas de regulamentação dos órgãos e agências regulatórias brasileiras – aqui defendido como um indicativo de preocupação com as formas por meio das quais o Estado pode atuar nesse mecanismo de criação de oportunidades, evitando criar efeitos negativos para a atividade inovadora⁷⁵.

⁷³ Fruto de empréstimo negociado entre o governo brasileiro e o Banco Mundial, originalmente, os recursos do PADCT deveriam ser direcionados a programas de ciência básica e a projetos de educação para a ciência, mas a oportunidade de empregar parte deles na sustentação da pesquisa científica associada à metrologia não foi perdida. Nascia, então, o programa de TIB do PADCT. Tão importante quanto recursos financeiros foi a sistemática de trabalho exigida pelo Banco Mundial. Depois de anos dependendo apenas de recursos próprios ou orçamentários, o Inmetro teve de participar de licitações, através da apresentação de projetos, para a obtenção dos financiamentos do PADCT (DIAS, 1998).

⁷⁴ Vale ressaltar que diferentes agências exercem atividades de regulamentação técnica, tais como: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Agência Nacional de Águas (ANA).

⁷⁵ Vale ressaltar a defesa do mecanismo de ‘consulta pública’, que consiste na concessão de período para realização de comentários às propostas de regulamentos técnicos elaboradas por agências regulatórias, antes de sua entrada em vigor.

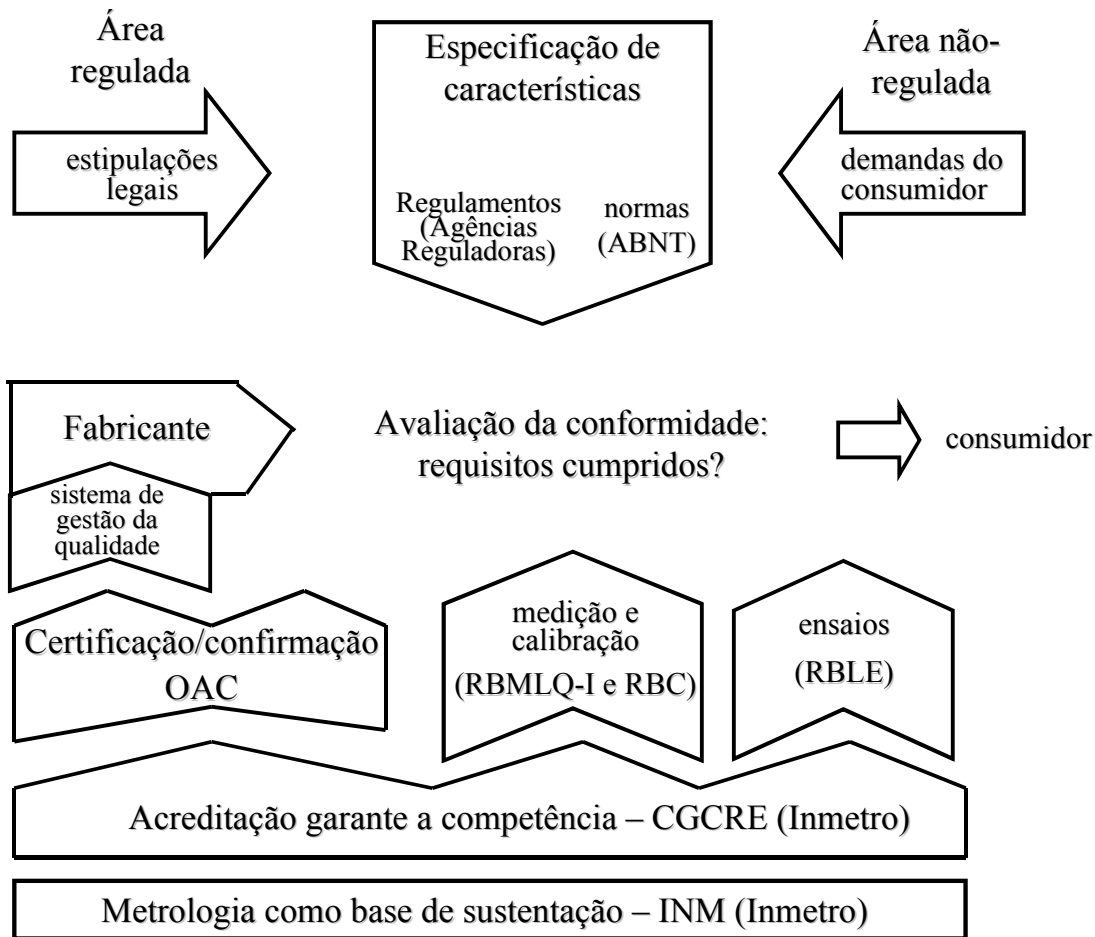
O Inmetro, dessa forma, vem representando o papel central no desenvolvimento da metrologia e da padronização técnica em nível nacional, pois, além de representar a secretaria executiva do Conmetro e de coordenar o trabalho de diversos de seus comitês técnicos – dentre os quais o CBR –, exerce ainda o papel de INM, define diretrizes no âmbito de regulamentação técnica em suas áreas de competência, é o principal organismo acreditador brasileiro, conduz negociações com vistas à promoção de acordos de reconhecimento mútuo e, finalmente, exerce as funções de ponto focal e de organismo notificador, para o Acordo TBT da OMC.

É dessa forma que o sistema brasileiro pode ser apresentado, de forma resumida, na Figura 2.3, recriação da Figura 2.2 anteriormente apresentada, incluindo os respectivos organismos que compõem a complexa gama de atividades relacionadas à metrologia e à padronização técnica no país.

Como pode ser observado na Figura 2.3, na base de sustentação do sistema está o INM brasileiro – o Inmetro, sendo responsável pelas macro-políticas na área da metrologia. Logo acima, outro pilar importante da sustentação, que são as atividades relacionadas à Acreditação, desenvolvidas no Brasil pela Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE, do Inmetro). A seguir, vêm as redes que atuam na metrologia legal (RBMLQ-I), na calibração (RBC), em ensaios (RBLE), bem como os organismos de avaliação da conformidade (OAC). Finalmente, no que diz respeito à elaboração de especificações técnicas, encontram-se as mais diversas agências reguladoras, no campo compulsório, e a ABNT, no campo voluntário⁷⁶.

⁷⁶ É importante frisar que, apesar de seu reconhecimento como fórum nacional de normalização pelo governo federal, a ABNT não possui ligação com o governo, atuando em um caráter eminentemente privado.

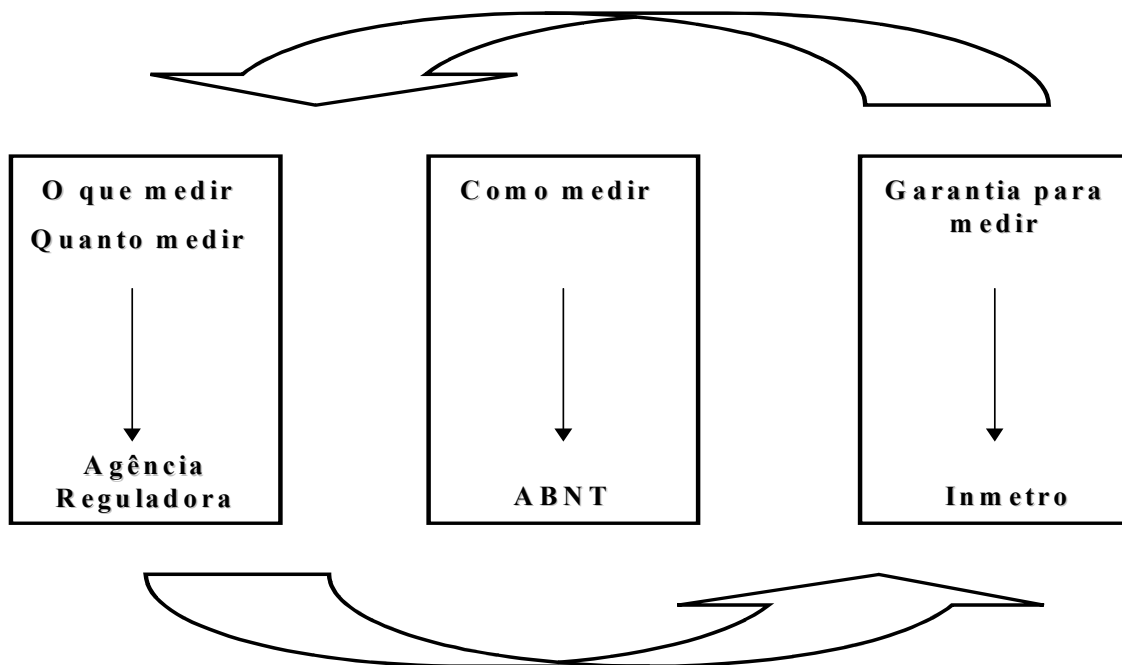
Figura 2.3 – Relação Sinérgica entre Ambientes: Metrologia, Padronização Técnica, Avaliação da Conformidade e Acreditação – uma Análise sob a Ótica Nacional



Fonte: Elaboração própria, com base em UNIDO e ILAC (2003), *apud* BMZ (2004, p. 20).

Dado o enfoque da tese sobre os pilares da metrologia, da normalização e da regulamentação técnica, faz-se necessário explicitar a inter-relação entre os atores envolvidos na condução dessas atividades, no caso brasileiro representados, respectivamente, por uma agência reguladora, pela ABNT e pelo Inmetro, ilustrada por meio da Figura 2.4.

Figura 2.4 - Padronização Técnica no Brasil: inter-relação entre Agência Reguladora, ABNT e Inmetro



Fonte: Adaptada de Daroda (2008).

Os parâmetros técnicos a serem monitorados para analisar a qualidade do produto (o que medir), bem como que limites devem apresentar (quanto medir), são estipulados por agências reguladoras. Os métodos analíticos para conduzir tais medições são desenvolvidos no âmbito da ABNT. Finalmente, a garantia de todo o processo, ou seja, a necessária rastreabilidade (ver glossário), e confiabilidade do processo, é concedida por meio de uma robusta base metrológica, fornecida pelo Inmetro, o INM brasileiro.

Recentemente, vem sendo destacada a necessidade de que todo esse arcabouço atue estrategicamente sobre a competitividade da indústria brasileira, o que vem ao encontro da observação do aumento das demandas por atividades de padronização técnica por parte do setor privado. Explicação para esta nova fase encontra sustentação em estudo desenvolvido por Tigre

(2002), em que a importância da TIB para a competitividade está associada a ganhos de produtividade e ao atendimento às exigências dos diferentes mercados.

A maioria das empresas analisadas no referido estudo, pertencentes a diferentes setores da economia brasileira, concede significativa importância ao papel da qualidade (expressa pela exigência de certificados tipo ISO9001⁷⁷) e da necessidade de adaptação de produtos para atender aos requisitos técnicos dos mercados importadores, esta última apontada, de forma quase unânime, como fator importante ou muito importante pelas empresas entrevistadas.

Estes resultados seguem na mesma direção de estudo desenvolvido por Arbix *et al.* (2005) sobre a competitividade da indústria brasileira. Os autores afirmam que, após o início da abertura econômica na década de 1990, a competitividade da indústria brasileira, cada vez mais calcada na estratégia de inserção no comércio internacional, vem sendo embasada em uma nova visão empresarial, apresentando, como um de seus pilares, a adequação das firmas a padrões internacionais via inovação tecnológica e diferenciação de produto⁷⁸.

Nesse contexto é importante destacar o lançamento, pelo Governo Federal, do documento ‘Diretrizes para Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior’ (PITCE), no ano de 2003, que definiu as bases para posterior lançamento da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, em 2005⁷⁹. O documento reconhece a inovação tecnológica como elemento central para o desenvolvimento, enfatizando a estruturação do SNI brasileiro:

“O Brasil precisa estruturar um Sistema Nacional de Inovação que permita a articulação de agentes voltados ao processo de inovação do setor produtivo, em

⁷⁷ Norma internacional que estabelece requisitos para o sistema de gestão da qualidade de uma organização, não significando, necessariamente, conformidade de produto às suas respectivas especificações. O objetivo da norma é prover confiança de que o produtor está apto a fornecer, de forma consistente e repetitiva, bens e serviços de acordo com o especificado pelo comprador. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/qualidade/CB25docorient2-1.doc>, acesso em 21/08/2006.

⁷⁸ Segundo os autores, o universo de firmas brasileiras pode ser dividido em três categorias: (i) que inovam e diferenciam produtos; (ii) especializadas em produtos padronizados; (iii) que não diferenciam e têm produtividade menor – e cerca de 23,1%, 13,2% e 1,8%, respectivamente, das firmas constantes dessas categorias, quando consultadas, creditaram importância à inovação para o enquadramento nas normas do mercado externo (p. 210).

⁷⁹ Para uma análise crítica sobre a PITCE ver Castilhos (2005).

especial: empresas, centros de pesquisa públicos e privados, instituições de fomento e financiamento ao desenvolvimento tecnológico, instituições de apoio à metrologia, propriedade intelectual, gestão tecnológica e gestão do conhecimento, instituições de apoio à difusão tecnológica” (BRASIL, 2003, p. 11, grifo nosso).

Claramente, tal política dedica importância especial ao papel da metrologia na estruturação do SNI, além de enfatizar o papel da pesquisa laboratorial: “É necessário estruturar laboratórios nacionais que possam reunir infra-estrutura de porte e criar sinergia de pesquisa e desenvolvimento, organizar os estágios iniciais de pesquisa empresarial e transferir tecnologia e gestão para o setor produtivo” (IDEM, p.12).

Nesse sentido, o próprio Inmetro passou a receber atenção especial, no que diz respeito ao seu papel no SNI brasileiro. O Instituto ficou responsável pela execução de 5 medidas dentre as 7 incluídas no plano de ação horizontal denominado ‘inovação de produto, processo e gestão’ da PITCE⁸⁰. Por outro lado, já naquela ocasião, atividades relacionadas a energias renováveis (como é o caso do etanol combustível) foram incluídas nas chamadas atividades portadoras de futuro, objeto de estímulo à pesquisa e à criação de fundos setoriais.

Em maio de 2008, foi lançada a Fase II da PITCE (denominada Política de Desenvolvimento Produtivo), na qual a promoção da TIB foi incluída como um das ações sistêmicas elencadas como instrumentos fundamentais à modernização do parque industrial brasileiro. Por sua vez, um dos ‘programas para consolidar e expandir liderança’ definidos nessa segunda fase é justamente aquele do ‘Complexo Produtivo do Bioetanol’⁸¹. A estratégia para o setor está calcada na conquista de mercados e, para tanto, os objetivos traçados foram (i) consolidar liderança mundial do etanol brasileiro como combustível renovável; (ii) expandir oferta de co-geração de eletricidade; (iii)

⁸⁰ São elas: Programa Nacional de Revigoramento da Rede Brasileira de Metrologia; Programa Brasileiro de Certificação Florestal; Programa de Certificação de Produtos; Implantação de Laboratório de Metrologia Química; Implantação de Laboratório de Metrologia de Materiais (IPEA, 2004).

⁸¹ Bioetanol é uma denominação mais recente utilizada para etanol combustível ou álcool combustível, no intuito de diferenciar o etanol obtido de biomassa do etanol sintético, além de conceder maior apelo ambiental ao acrescentar-se o prefixo ‘bio’ ao produto.

dominar próximas gerações tecnológicas. As metas a serem atingidas pelo setor, em 2010, estão relacionadas à produção de 24 bilhões de litros de etanol, exportação de 5 bilhões de litros e geração de 2.700 MW médios adicionais (co-geração). Finalmente, um dos desafios traçados refere-se à criação de mercado internacional de etanol, e para tanto, ações relativas à padronização e à certificação de sustentabilidade, sob responsabilidade de Inmetro, ABNT e ANP foram explicitamente mencionadas no documento.

2.6 Conclusão

A análise conduzida no presente Capítulo baseou-se na premissa de que as atividades envolvidas na metrologia e na padronização técnica são parte integrante de um SNI bem desenvolvido, fornecendo subsídios essenciais para a promoção de inovação tecnológica que, por sua vez, caracteriza-se como aspecto chave na promoção da competitividade dinâmica de firmas/países. Nesse contexto, o Capítulo procurou promover um vínculo nessa relação, análise sobre a qual se percebe não terem sido dedicados muitos debates travados na literatura sobre SNI.

Procurou-se evidenciar, ao longo das discussões, o papel estratégico do Estado nesse processo, por meio de sua atuação de natureza indutora (no fornecimento de investimentos em P&D para metrologia) e na criação de oportunidades para a geração e difusão de inovações, via regulamentação técnica. Nesse contexto, uma importante implicação para política, segundo Tassei (1999, p. 17) é a de que projetos de pesquisa ao invés de serem conduzidos exclusivamente com um viés de ‘desenvolvimento tecnológico’, deveriam incluir o objetivo combinado de ‘tecnologia e padronização’.

Alguns pontos e definições foram ressaltados, como aqueles referentes à evolução da Metrologia Química, que compõem importantes subsídios para a análise a ser desenvolvida no

estudo de caso. Da mesma forma, a breve apresentação sobre a experiência brasileira representa outro pilar importante para a pesquisa.

É dessa forma que, de modo a sustentar os argumentos aqui defendidos, faz-se necessário analisar como a construção dessa infra-estrutura de metrologia e padronização técnica, atendendo a demandas específicas de uma dada indústria, exerce fortes influências sobre a competitividade e a capacidade inovativa dessa indústria. Para tanto, inicia-se, nesse momento, a segunda parte da tese, voltada à obtenção de elementos que corroborem tal assertiva, por meio de apontamentos sobre a indústria brasileira de etanol combustível.

PARTE II – ESTUDO DE CASO

CAPÍTULO 3: ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Este capítulo está voltado a uma apresentação dos aspectos metodológicos da pesquisa e, para tanto, está organizado em três seções. A primeira é dedicada a uma exposição dos objetivos, bem como da metodologia adotada, que passa pela caracterização da pesquisa em si, bem como pela construção dos pressupostos que formarão a sua base teórica. Em seguida, são detalhadas as etapas que foram empreendidas de modo a atingir os objetivos almejados. Finalmente, a última seção apresenta as definições adotadas para os principais conceitos que compõem o arcabouço teórico da pesquisa, que serão amplamente utilizadas ao longo da condução do estudo de caso.

3.1 Objetivos e metodologia

O objetivo da tese é analisar a contribuição estratégica do Estado para a competitividade e inovatividade industrial em um dado sistema nacional de inovação (SNI) enquanto agente na padronização técnica. Tal contribuição se dá por meio da condução de atividades relacionadas a dois pilares complementares – tanto na realização de investimentos em P&D necessários para a construção de sólida base de sustentação de todo o processo, sob a forma da metrologia científica, quanto, posteriormente, na elaboração de regulamentos técnicos.

O primeiro pilar, assume-se, é de natureza indutora, dada a sua importância no desenvolvimento de novas tecnologias e novas pesquisas que podem ser, mais tarde, repassadas à indústria, sob mecanismos de transferência de tecnologia, podendo, até mesmo indicar e influenciar

novos direcionamentos para o progresso tecnológico. Ademais, é no âmbito da metrologia científica que são desenvolvidos os padrões de medição de mais alta exatidão que atuam na concessão de vantagens competitivas para a indústria.

O segundo pilar, da padronização técnica, está associado ao ambiente de seleção das inovações, propiciando a criação de oportunidades para o processo inovativo. É nesse momento que as inovações mais adequadas são selecionadas e difundidas não apenas para outras indústrias, mas também para outros mercados. E o papel do Estado pode ser fundamental nesse processo, o que traz a necessidade de que políticas de regulamentação técnica sejam delineadas com base em estratégias nacionais, sob risco de que erros em sua formulação e no período de sua implantação exerçam prejuízos à competitividade do país.

Esses dois atributos que permeiam a atividade estatal relacionada à padronização – seu caráter indutor e de criação de oportunidades – são ainda mais significativos quando análises de escopo mais ampliado são adotadas, segundo as quais o processo de geração e o de difusão de inovações não podem ser dissociados.

Para atingir o objetivo da tese e analisar os pressupostos teóricos, propõe-se um método de pesquisa baseado na elaboração de um estudo de caso, por meio da investigação sobre a influência da metrologia e da padronização técnica sobre a capacidade inovadora e a competitividade da indústria brasileira de etanol combustível.

De acordo com Boaventura (2004), a pesquisa realizada para execução dessa tese pode ser classificada como aplicada, por gerar conhecimentos úteis à solução de problemas, o que é justificado diante de sua contribuição prática para a formulação de políticas públicas direcionadas à promoção da inovação tecnológica.

Pode ser classificada também como pesquisa descritiva, na definição de Gressler (2004), para quem esse tipo de pesquisa é utilizado para descrever fenômenos, situações e eventos existentes e

presentes e, ainda, para identificar problemas, justificar condições, comparar e avaliar o que está sendo realizado em situações similares, para com isso clarear situações que sirvam de base para futuros planejamentos. Considera-se que a presente pesquisa, com relação aos objetivos a que se pretende, está contribuindo para formulações de políticas futuras, trazendo a importância do papel estatal na metrologia e na padronização técnica, seja quando considerado no aspecto de SNI em geral, ou de um SSI específico.

Por fim, quanto aos procedimentos, pode ser classificada como estudo de caso, porque se trata de uma observação detalhada (BODGAN; BIKLEN, 1994 *apud* BOAVENTURA, 2004). Segundo Yin (2001, p. 32): “um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Nesse sentido, a partir da análise do caso da atuação do Estado na padronização técnica para a indústria brasileira de etanol combustível, pretende-se avaliar os pressupostos teóricos assumidos acerca do tema, propiciando o entendimento do papel fundamental desse componente estratégico para a construção da competitividade e a promoção da inovação num determinado SNI.

A realização da pesquisa, voltada aos objetivos descritos acima, foi conduzida com base em quatro pressupostos:

Pressuposto 1: a importância de investimentos em P&D e em inovação em países em desenvolvimento, voltados ao desenvolvimento de tecnologias que atendam a seus interesses e particularidades – incluindo a agricultura.

Pressuposto 2: a importância do entendimento da inovação como uma dinâmica sistêmica, para a qual contribuem atores de diversas naturezas, com destaque para o papel do Estado.

Pressuposto 3: o caráter estratégico da atuação do Estado no processo de padronização técnica, expressando seu caráter indutor e sua relevância na criação de oportunidades para a atividade

inovadora, e, por conseguinte, a necessidade do estabelecimento de estratégias específicas para esse tipo de atuação.

Pressuposto 4: um dos mais importantes impactos do instituto nacional de metrologia (INM) num SNI advém de seus investimentos em P&D, desenvolvendo novas tecnologias a serem posteriormente transferidas às indústrias.

3.2 Etapas da pesquisa

Quatro macro-etapas foram empreendidas para a elaboração da presente tese:

I – Construção de arcabouço teórico

II – Escolha do estudo de caso

III – Desenvolvimento do estudo de caso

IV – Análise dos resultados

I - Construção de arcabouço teórico.

O propósito dessa etapa foi explorar teoricamente da relação entre as atividades envolvidas no processo de padronização técnica e a competitividade e a inovatividade industrial. De acordo com o objetivo traçado para a tese, o foco foi dirigido para o papel do Estado nesse processo, e sua importante atuação no SNI.

Para tanto foi realizada revisão bibliográfica, buscando elementos teóricos na literatura, que permitisse traçar inferências sobre a importância da atuação do Estado enquanto regulamentador e fornecedor de investimentos em P&D para a metrologia num dado SNI. Para a condução da pesquisa bibliográfica, as seguintes palavras-chave foram utilizadas: inovação tecnológica, difusão,

sistema nacional de inovação, competitividade, P&D, políticas públicas pró-inovação, regulação e regulamentação e seus efeitos sobre a inovação tecnológica, infra-estrutura tecnológica, infra-estrutura técnica, padrões, padronização técnica e padronização tecnológica, metrologia, normalização.

As mais importantes fontes consultadas para a realização de pesquisa bibliográfica foram portais de periódicos nacionais e internacionais (*Science Direct*, *SciELO*, JSTOR), banco nacional de teses (Capes), banco de dados de relatórios de institutos nacionais de metrologia de outros países (NPL, PTB e NIST), bibliotecas (Nacional, Inmetro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC-RJ; Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro-FGV-RJ; Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ; Instituto de Economia- IE, Instituto de Química - IQ e Coppe) e portal Google.

Os principais resultados alcançados nessa etapa foram expostos nos Capítulos 1 e 2, que compõem, então, o arcabouço teórico para a Parte II da tese.

II - Escolha do estudo de caso

Os pressupostos sustentados na tese consistiram na base para a definição dos critérios utilizados para a escolha do caso a ser estudado, procurando identificar uma indústria brasileira que atendesse a todos os quatro pressupostos teóricos: (i) na qual investimentos em P&D e em inovação representassem fonte fundamental para a construção de vantagens competitivas, atendendo às necessidades e particularidades do interesse nacional; (ii) na qual fosse evidenciado o caráter sistêmico da inovação, com ênfase sobre o papel de agências governamentais com inter-relações em toda a cadeia produtiva; (iii) que permitisse mostrar a temática da padronização técnica e da metrologia, com sua forte influência na capacidade inovadora das empresas e na competitividade da indústria, consistindo um resultado positivo da atuação estratégica do Estado, por meio de políticas indutoras e da abertura de oportunidades para a inovação e (iv) que provesse subsídios para

corroborar a necessidade de investimentos em P&D por parte do instituto nacional de metrologia (INM) em um SNI.

A escolha recaiu, portanto, sobre a indústria brasileira de etanol combustível, dado que preenche todos os pressupostos teóricos assumidos. É importante destacar que ao longo da tese serão realizadas referências específicas à indústria brasileira de etanol combustível, e outras referências, de escopo mais amplo, à agroindústria canavieira, na qual aquela está inserida, e que envolve, então, as atividades desde o plantio da matéria-prima cana-de-açúcar e, portanto, pertencentes à agricultura, até a produção do etanol combustível, já no ramo industrial. Eventualmente, será mencionado o termo ‘sucroalcooleiro’, que se refere às atividades que englobam açúcar e álcool. Ademais, algumas alusões serão feitas com relação a ‘biocombustíveis’, categoria à qual pertence o etanol como combustível proveniente de uma fonte renovável⁸².

A escolha pela indústria de etanol combustível pode ser entendida diante de dois aspectos fundamentais que, conjugados, se inserem no que Yin (2001) denomina ‘estudo de caso único’, representando um caso decisivo para ilustrar questões teóricas levantadas. É desta forma que a análise sobre a indústria brasileira de etanol combustível pode ser incluída nessa categoria. Primeiro, dado seu histórico na esfera nacional, mais intensamente desde o advento do Proálcool nos idos da década de 1970, que colocou a indústria em alto patamar de competitividade. Se, no início, como será observado, tal competitividade foi calcada em vantagens comparativas, paulatinamente, estas foram substituídas por vantagens competitivas, mais especificamente desde o processo de desregulamentação por que passou o setor a partir de meados da década de 1990. A indústria brasileira de etanol combustível representa, assim, emblemático exemplo de agroindústria que passou a adotar estratégias calcadas em investimentos em P&D e em inovação, com forte apoio estatal.

⁸² É importante ressaltar também uma marcante especificidade da indústria de etanol combustível, qual seja, sua complexa relação de interdependência com outros mercados, como, por exemplo, o mercado de açúcar, de petróleo, a indústria alimentícia e a química.

O segundo aspecto que justifica a escolha pela indústria brasileira de etanol combustível pode ser encontrado na recente conjuntura internacional na qual está inserida. Dado o movimento de internacionalização dessa indústria, bem como sua estratégia competitiva calcada na '*commoditização*' do etanol combustível, o processo de padronização do produto surge como elemento fundamental nessa estratégia, para a qual a construção de adequada infra-estrutura de metrologia e padronização técnica é condição *sine qua non* – associada à formação de mercado fornecedor mais pungente para evitar possíveis crises de abastecimento.

Finalmente, a escolha pela análise de uma indústria brasileira é justificada por diversos fatores. Primeiro, dada a necessidade de compreender questões de âmbito nacional, voltada a uma contribuição para o desenvolvimento e crescimento econômicos. Segundo, diante do fato de o caso brasileiro representar importante exemplo de uma economia em desenvolvimento que logrou introduzir estratégias calcadas em inovação e desenvolvimento tecnológico em determinado setor de seu interesse – como é o caso da agroindústria canavieira.

III – Desenvolvimento do Estudo de Caso

O desenvolvimento do estudo de caso se deu por meio de duas subetapas – pesquisa bibliográfica e entrevistas com atores relevantes. A primeira consistiu na realização de investigação bibliográfica sobre a indústria brasileira de etanol combustível e também da agroindústria canavieira, na qual aquela está incluída. A pesquisa bibliográfica voltou-se a macro temas como o histórico da agroindústria, sua competitividade, investimento em inovação e em desenvolvimento tecnológico, e padronização técnica em etanol/álcool. As seguintes palavras-chave nortearam a pesquisa: etanol combustível, álcool combustível, Proálcool, agroindústria canavieira, setor sucroalcooleiro, inovação tecnológica na agroindústria canavieira, padronização do álcool/etanol, especificações técnicas para etanol combustível, barreiras técnicas ao etanol combustível. Além da pesquisa bibliográfica, outras

fontes foram utilizadas, como artigos de revistas e jornais, material capturado na internet, bem como informações coletadas durante a participação em eventos afim (seminários, congressos e *workshops*). Os resultados dessa primeira subetapa estão compilados nos Capítulos 4, 5 e 6 da tese, de acordo com o tema afeto a cada um.

Com base nos levantamentos realizados nessa primeira subetapa, e dada a complexidade dessa agroindústria, os seguintes atores que compõem o SI do etanol combustível e que têm relevância sobre aspectos envolvidos na padronização do etanol combustível e na construção de adequada infra-estrutura de metrologia e padronização técnica para a indústria foram escolhidos para realização de entrevistas⁸³:

- Grupo Cosan: como representante da indústria, diante de sua liderança no setor;
- Centro de Tecnologia Canavieira (CTC): em face de seu histórico na realização de análises laboratoriais e na P&D voltada para diversos desenvolvimentos tecnológicos;
- Pólo Nacional de Biocombustíveis: diante de seu papel em estudos sobre etanol combustível;
- Arranjo Produtivo Local do Alcool (APLA): congrega diversos atores do SSI do etanol e cujas iniciativas introduziram a relevância do processo de padronização técnica do etanol combustível nas agendas técnicas e políticas;
- Dedini S/A Indústrias de Base: maior fornecedora de bens de capital e de tecnologia para a indústria de etanol combustível, com estratégias intensivas em P&D e em inovação;
- Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA): pelo seu papel estratégico na condução de P&D para motores movidos a etanol combustível e também no desenvolvimento de atividades relacionadas à metrologia;

⁸³ A relação de entrevistados pode ser obtida no Anexo I.

- José Felix da Silva Junior: consultor da UNICA e da Copersucar, especialista com longa experiência não apenas sobre a indústria de etanol combustível, mas principalmente sobre aqueles aspectos relacionados à metrologia e padronização técnica adequada à indústria em questão;

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): por ser o fórum nacional de normalização e historicamente responsável pela condução do processo de elaboração de normas técnicas para etanol combustível, além de suas iniciativas recentes na ISO, voltadas à elaboração de normas internacionais para o produto;

- Agência Nacional do Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural (ANP): agência responsável pela regulamentação do etanol combustível em âmbito nacional e, portanto, pela especificação técnica brasileira para o produto;

- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro): instituto nacional de metrologia, que é o principal agente responsável pelos investimentos em P&D associados à metrologia científica, que fornecem a base para a padronização técnica do etanol combustível com a necessária confiabilidade que o cenário internacional exige para perceber o produto como *commodity*.

A última sub-etapa do desenvolvimento do estudo de caso consistiu na realização de entrevistas aos atores selecionados. Primeiramente, foram elaborados os Guias para Entrevistas (Anexo II), contendo perguntas de escopo abrangente, no intuito de permitir a captação da percepção dos atores mais relevantes na indústria de etanol combustível para o estudo de caso a ser conduzido, acerca dos pressupostos assumidos na tese – a importância da P&D e da inovação para o setor; a relevância do Estado enquanto agente na metrologia e na padronização técnica, e as influências dessas atividades para a competitividade e inovatividade industrial. Optou-se pela condução de entrevistas semi-estruturadas, presenciais, conduzidas de forma espontânea, no intuito

de permitir a obtenção de opiniões e interpretações dos entrevistados acerca da importância do tema. As entrevistas foram realizadas em dois grandes momentos – início de 2007 e início de 2008.

No início de 2007 foram realizadas as entrevistas com aqueles atores que interessavam em termos de percepção da importância das questões colocadas na tese para a indústria e pelo entendimento de seu histórico (Grupo Cosan, CTC, Pólo de Biocombustíveis, APLA, Dedini e CTA⁸⁴). Em um segundo momento, foram realizadas entrevistas – nos mesmos moldes daquelas conduzidas no primeiro momento e com base nas questões já levantadas durante a primeira fase de entrevistas – com os atores mais diretamente envolvidos com o tema padronização tecnológica na conjuntura atual (Inmetro, ANP, ABNT⁸⁵, além do especialista José Félix da Silva Junior, da UNICA e da Copersucar), especialmente devido à sua participação na elaboração do “Livro Branco sobre Padrões Internacionalmente Compatíveis para Biocombustíveis”, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis (FIB), que forneceu importantes insumos para a pesquisa da tese. Os resultados dessa última sub-etapa podem ser observados no Capítulo 6.

IV – Análise dos resultados

A compilação das entrevistas e das evidências coletadas na investigação bibliográfica sobre a indústria brasileira de etanol combustível, bem como a devida análise à luz dos conceitos teóricos utilizados como base na primeira parte da tese, permitiram a realização do necessário encadeamento das evidências obtidas, e, portanto, pôde-se corroborar os pressupostos assumidos na tese, conforme será observado durante a leitura do Capítulo 6 e também da Conclusão da tese.

⁸⁴ À exceção da entrevista realizada ao CTA, a realização dessa primeira etapa foi possível diante da participação da autora em Projeto no Inmetro, que viabilizou a realização de visitas ao Arranjo Produtivo Local do Álcool (APLA), em Piracicaba, quando foram realizadas entrevistas com os principais atores do setor na região.

⁸⁵ Única instituição com a qual não foi possível a realização de entrevista presencial, diante de problemas de agenda de seus representantes. Foi adotado, portanto, o modelo eletrônico (*e-mail*).

Cabe ressaltar, finalmente, que, apesar de a análise constar de estudo de caso único, assume-se ser possível utilizar mesma metodologia para a realização de outros estudos de caso similares, analisando o papel estratégico desempenhado pela metrologia e a padronização técnica na competitividade e inovatividade industrial.

3.3 Definições adotadas

O objetivo desta seção é destacar algumas definições escolhidas para compor o arcabouço teórico da tese, já apresentadas nas discussões dos Capítulos 1 e 2, que serão utilizadas durante a condução do estudo de caso.

Constituindo um dos principais pontos de partida da estrutura teórica da tese está o conceito de inovação tecnológica. Apesar de sua extensa utilização nas discussões atuais, é necessário ressaltar que tal conceito ainda está sujeito a debates acerca de seu contorno. A definição adotada está baseada no Manual de Oslo da OECD: (incluir definição da Lei de Inovação).

Capítulo 1, p. 26: “Inovações Tecnológicas em Produtos e Processos (IPP) compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos. Uma inovação TPP é considerada implantada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou usada no processo de produção (inovação de processo). Uma inovação TPP envolve uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais”. (OECD, 2004, p. 54).

Essa definição atende plenamente os objetivos da pesquisa que se segue, por englobar não apenas novos produtos, mas também processos, e por referir-se ao conteúdo de novidade ou melhoria tecnológica nesses produtos ou processos e, ainda, por ressaltar a importância de atividades de cunho científico e tecnológico (além de organizacional, financeiro e comercial). No contexto de análise sobre a indústria brasileira de etanol combustível, esses aspectos serão fundamentais, conforme poderá ser observado no Capítulo 5.

Ademais, tal definição está em consonância com aquela adotada pela Lei de Inovação Brasileira (Lei 10.973), na qual a inovação é conceituada como: “introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços”⁸⁶.

Tomando o conceito de inovação tecnológica como referencial, deparou-se com a necessidade de optar por uma dentre as diversas abordagens que também empregam tal conceito como base para suas análises teóricas. Nesse sentido, a abordagem que mais se aplica, para efeitos da pesquisa a ser conduzida, é aquela de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), já que, além de situar o conceito de inovação no cerne de suas análises, ressalta seu caráter sistêmico, afastando-se de abordagens mais simplistas que desconsideram a atuação de outros atores, focando análise apenas às firmas como agentes no processo inovativo. A proposta da tese, de analisar a atuação do Estado enquanto regulamentador e suas implicações sobre o processo inovativo está, portanto, inserida numa perspectiva sistêmica, adotando-se para tanto a seguinte definição:

Capítulo 1, p. 24: “Um sistema de inovação é constituído de elementos e relações que interagem para a produção, difusão e uso de novo, e economicamente útil, conhecimento; e o sistema nacional compreende elementos e relações localizadas ou originadas dentro das fronteiras de um estado nacional” (LUNDVALL, 1992a, p. 2, tradução nossa).

Vale lembrar que, conforme ressaltado no Capítulo 1, dois níveis analíticos serão utilizados na condução da pesquisa – o da dimensão setorial, realizando apontamentos sobre o SSI de etanol combustível, e o da dimensão nacional, utilizando os desdobramentos analíticos daquele para formulação de políticas voltadas à construção de SNI, em escopo mais ampliado.

⁸⁶ Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm>, acesso em 18/04/2008.

O interesse em contribuir para a construção de análise teórica acerca do processo inovativo, ressaltando o papel do processo de padronização técnica, advém do próprio entendimento de seus efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento econômicos, via aumento da competitividade. Conforme o exposto no Capítulo 1, também o conceito de competitividade tem sido alvo de intensos debates e até de divergências. E nesse sentido, propõe-se a utilização conjunta de duas definições para a competitividade – a primeira, de Haguenauer (1989), que destaca o caráter microeconômico do conceito; e a segunda de Chesnais (1992) que enfatiza seu caráter sistêmico:

Capítulo 1, p. 35: “A competitividade poderia ser definida como a capacidade de uma indústria (ou empresa) produzir mercadorias com padrões de qualidade específicos, requeridos por mercados determinados, utilizando recursos em níveis iguais ou inferiores aos que prevalecem em indústrias semelhantes no resto do mundo, durante certo período de tempo” (HAGUENAUER, 1989, p. 23).

Capítulo 1, p. 37: “(...) embora a competitividade das firmas obviamente reflita práticas de administração bem-sucedidas adotadas por seus empreendedores ou executivos corporativos, sua competitividade também está apoiada em tendências econômicas específicas de longo-prazo de força e eficiência da estrutura produtiva de uma economia nacional, sua infra-estrutura técnica e outros fatores que determinam as externalidades sobre as quais as firmas podem crescer” (CHESNAIS, 1992, p. 267, tradução nossa).

A escolha por essas duas definições pode ser explicada devido à sua vantagem em detrimento às demais definições apresentadas no Capítulo 1 e destaca-se, na primeira, a ênfase a aspectos referentes a padrões de qualidade e, na segunda, aspectos referentes à infra-estrutura técnica – ambos conjuntos de extrema importância para o estudo de caso escolhido, voltado justamente à investigação das influências exercidas pelo Estado enquanto agente na padronização técnica e suas implicações na competitividade e inovatividade, de caráter sistêmico, portanto, o que não renega a importância do caráter microeconômico presente em todo o processo.

Com o objetivo de melhor entender a importância da padronização técnica, tendo na metrologia a sua base de sustentação, introduziu-se o conceito de padrão, que pode ser entendido, em um âmbito geral, a partir da seguinte definição:

Capítulo 2, p. 49: “Um padrão pode ser definido de forma geral como uma construção que resulta de escolhas coletivas e fundamentadas e que permite acordo acerca de soluções para problemas recorrentes. Visto dessa forma, um padrão pode ser encarado como um equilíbrio entre os requisitos dos usuários, as possibilidades tecnológicas e os custos dos produtores, e restrições impostas pelo governo para o benefício geral da sociedade” (GERMON, 1986, *apud* TASSEY, 1999, p. 2, tradução nossa).

No que diz respeito à utilização do termo no âmbito da metrologia, a definição formal para o conceito é aquela fornecida pelo Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM), onde padrão consiste em: “medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência” (INMETRO, 2007c, p. 53).

Esse conceito permeará toda a condução do estudo de caso, daí a importância de uma definição precisa. No campo específico da metrologia, o termo padrão é utilizado no campo da Física e, no tocante ao campo da Metrologia Química, utiliza-se o conceito de ‘material de referência’ (MR), adicionado do aposto ‘certificado’ (MRC) quando a busca pela maior confiabilidade é um objetivo intrínseco à estratégia em voga. A relevância desse conceito para a proposta da tese deve ser ressaltada, dado que a análise que se segue dedica-se à exploração do tema com referência a um composto químico – que é o caso do etanol combustível:

Capítulo 2, p. 70: “Material de referência (MR): material ou substância que tem um ou mais valores de propriedades que são suficientemente homogêneos e bem estabelecidos para ser usado na calibração de um aparelho, na avaliação de um método de medição ou atribuição de valores a materiais” (ABNT/ISO Guia 30, 2000, p.1).

Capítulo 2, p. 70: “Material de referência certificado (MRC): material de referência, acompanhado por um certificado, com um ou mais valores de propriedade, certificado por um procedimento que estabelece sua rastreabilidade à obtenção exata da unidade na qual os valores da propriedade são expressos, com cada valor certificado acompanhado por uma incerteza para um nível de confiança estabelecido” (IDEM, p.1).

Ao longo do estudo de caso, quando se menciona a necessidade de desenvolvimento de um padrão para o etanol combustível, ficará claro que, apesar de a indústria ter seus padrões de qualidade desenvolvidos para o produto, quando da introdução de estratégias que visem o mercado internacional torna-se premente a elaboração de um MRC para o combustível, cuja certificação concede a necessária confiabilidade aos compradores do produto.

Para o entendimento da importância de padrões técnicos e da metrologia é necessário compreender o papel da infra-estrutura técnica que dá apoio à condução de tais atividades. Diversas conceituações foram propostas para tal infra-estrutura, como a de ‘MSTQ’, de Meyer-Stamer (1998), a de ‘infra-estrutura da qualidade’, introduzida por Senetra e Marbán (2007) e a de ‘infra-tecnologias’, proposta por Tassej (2004).

. Optou-se, contudo, pela definição mais comumente utilizada no Brasil – o conceito de Tecnologia Industrial Básica (TIB), caracterizado como o conjunto de funções tecnológicas de uso indiferenciado pelos diversos setores econômicos – indústria, comércio, agricultura e serviços – compreendendo as seguintes áreas: metrologia; normalização e regulamentação técnica; avaliação da conformidade; e, ainda, tecnologias de gestão; propriedade intelectual; informação tecnológica (MCT, 2001).

Durante a pesquisa, ênfase será dedicada aos três primeiros componentes da TIB – metrologia, normalização e regulamentação técnica e avaliação da conformidade. A escolha pelo conceito brasileiro é dada não apenas diante de sua adequação à proposta da tese, mas, mais ainda, diante da necessidade de se trabalhar com conceitos desenvolvidos em um contexto nacional, ao invés de ‘importar’ um conceito desenvolvido em outras realidades. Tal argumento, sustenta-se aqui, está em consonância com a perspectiva de SNI, a qual ressalta as particularidades nacionais.

Finalmente, cabe introduzir a definição de P&D que será empregada na condução do estudo de caso, de extrema importância para as questões levantadas na tese, no intuito de dirimir possíveis

dúvidas com relação à associação entre investimentos em P&D e em metrologia. A definição utilizada, portanto, é a que consta do Manual Frascati da OECD (2002, p. 30):

“Pesquisa e desenvolvimento experimental (P&D) compreende trabalho criativo desenvolvido numa base sistemática de modo a aumentar o estoque de conhecimento, incluindo conhecimento do homem, cultura e sociedade, e o uso desse estoque de conhecimento para gerar novas aplicações” (tradução nossa).

Com esse entendimento, uma importante distinção deve ser feita, aquela entre P&D e outras atividades relacionadas. Um critério básico para essa distinção, também apresentada no Manual, é que nas atividades de P&D “está presente um apreciável elemento de novidade e a resolução de incerteza científica e/ou tecnológica, isto é, quando a solução de um problema não é prontamente aparente para alguém familiar com o estoque básico de conhecimentos comuns e técnicas para a área em questão” (OCDE, 2002, p. 34, tradução nossa). O documento propõe, ademais, a exclusão das seguintes atividades da categoria de P&D: “a manutenção de padrões nacionais, a calibração de padrões secundários, ensaios e análises rotineiras de materiais, componentes, produtos, processos (...)” (IDEM, p. 32, tradução nossa).

E essa é uma diferença fundamental porque foi assumido o pressuposto de que um dos mais importantes impactos do instituto nacional de metrologia (INM) num SNI é devido a seus investimentos em P&D, desenvolvendo novas tecnologias e realizando a adequada transferência de tecnologia às indústrias. Nesse sentido, é também afirmado no Manual Frascati:

“Órgãos públicos e organizações de consumidores com frequência operam laboratórios cujo principal propósito é a realização de testes e padronização. A equipe desses laboratórios pode também dedicar algum tempo no desenvolvimento de novos ou substancialmente aprimorados métodos de ensaios. Tais atividades devem ser incluídas em P&D” (OCDE, 2002, p.39, tradução nossa).

As definições apresentadas serão empregadas de forma interrelacionada, compondo a base de sustentação dos argumentos defendidos para atingir a proposta da presente tese. É dessa forma que, partindo do conceito de inovação tecnológica, a ele concedendo tratamento sistêmico, por meio da

adoção da perspectiva de SNI e diante de suas implicações sobre a competitividade, pretende-se analisar o papel da metrologia e da padronização técnica nessa dinâmica – na qual se destacam as definições de padrão e de MRC, este último para o caso específico do etanol, como componente importante da TIB, com enfoque sobre atividades de P&D.

CAPÍTULO 4: A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ETANOL COMBUSTÍVEL

4.1 Introdução

O Brasil apresenta diversas condições estratégicas que fornecem aspectos favoráveis à produção e exportação de biocombustíveis – terras férteis, incidência de sol em abundância, mão-de-obra necessária, experiência de mais de 30 anos com um programa de produção em larga escala de etanol combustível. Além disso, o país é hoje o segundo maior produtor e maior consumidor de etanol combustível no mundo⁸⁷, apresentando a maior capacidade de expansão da produção deste combustível renovável⁸⁸.

É ponto pacífico que o Brasil deve concentrar esforços na manutenção de sua posição de liderança, reforçando as vantagens competitivas já obtidas, não apenas por meio da redução de custos, mas, principalmente, pelo aprimoramento dos aspectos tecnológicos envolvidos na produção de etanol combustível. As recentes políticas governamentais traçadas para o setor demonstram que este faz parte de uma estratégia nacional; tal interesse pode ser entendido por meio da seguinte afirmação do Embaixador Brasileiro Simões (2007, p. 15):

“A história mostra que países que detêm a dianteira no processo de migração da matriz energética dispõem de uma importante vantagem comparativa. A Inglaterra era o país melhor situado quando o carvão passou a ser o principal componente na matriz energética mundial. Os EUA tiveram posição de liderança na transição para o petróleo. Hoje novos atores ingressam no cenário. De acordo com dados de estudo da Goldman Sachs, no final da primeira Guerra do Golfo, em 1991, das 20 maiores empresas da área energética em termos de capitalização de mercado, 55% eram norte-americanas e 45% eram européias. Mas, em 2007, 35% das 20 maiores empresas são dos países BRICs (Brasil, Rússia, China e Índia), cerca de 35% européias e cerca de 30% são

⁸⁷ Em abril de 2008, estavam cadastrados na ANP cerca de 356 produtores de etanol combustível (ANP, 2008).

⁸⁸ Segundo o *National Energy Information Center* (NEIC) dos EUA, a demanda mundial para gasolina deve sofrer aumento de cerca de 48% entre os anos de 2005 e 2025. Considerando-se que 10% dessa demanda em 2025 sejam cobertos por etanol combustível, admite-se a necessidade de 205 bilhões de litros por ano de álcool, o que abre uma gama de possibilidades para seus produtores (UNICAMP, 2005, p. 3).

americanas. Uma presença econômica mais forte dos BRICs no conjunto da economia mundial é característica da transição para uma economia de baixo carbono”.

Para discutir como o Brasil atingiu este patamar frente aos demais países produtores, vale, primeiramente, retomar breve histórico sobre a experiência brasileira na construção de aparato institucional que mais tarde culminou na implantação do Proálcool. O desmantelamento desse programa, ao final da década de 1980, seguido pelo processo de desregulamentação do setor, na década de 1990, levou a indústria a uma crise, mas ao mesmo tempo criou as bases para a construção de um novo paradigma para o setor, agora calcado em tecnologia. Ao longo dessa transformação permaneceram ainda muitas questões delicadas com relação aos aspectos sócio-ambientais do processo produtivo de etanol, que constituem em um desafio a ser enfrentado pelo setor.

Essa evolução será apresentada no presente Capítulo, dado seu caráter fundamental para o posterior entendimento tanto acerca da capacidade inovadora da indústria quanto das necessidades colocadas diante de gargalos associados às atividades no âmbito da metrologia e da padronização técnica – temas que compõem os outros dois subsequentes Capítulos da segunda parte da tese.

4.2 O Programa Nacional do Alcool (PNA, ou Proálcool)

O processo de produção do etanol pode utilizar como matéria-prima os mais diversos tipos de biomassa⁸⁹. No mundo, a matéria-prima mais utilizada é a cana-de-açúcar, por ser a mais eficiente no tocante à rentabilidade energética resultante do processo de produção de álcool, ou açúcar. No Brasil, excetuando-se aquele destinado às indústrias de bebidas e perfumaria (proveniente de cereais como a cevada e o milho), em escala comercial, o álcool sempre foi produzido a partir da cana-de-açúcar (ANCIÃES, 1978).

⁸⁹ Existe também o etanol sintético, que não é objeto da presente pesquisa.

O etanol pode ser obtido diretamente do caldo de cana ou como subproduto do processo de produção de açúcar, sendo destinado à sua fabricação, no Brasil, em média, cerca de 50% da matéria-prima. Existem dois tipos de etanol combustível: hidratado e anidro. O primeiro é mais adequado para veículos movidos exclusivamente a álcool; o segundo, para mistura à gasolina. O hidratado é o primeiro produto resultante do processo produtivo; para produzir álcool anidro, uma outra etapa é necessária – a desidratação⁹⁰. O Brasil é, atualmente, o país onde o etanol combustível apresenta menor custo de produção, conforme pode ser observado na Tabela 4.1:

Tabela 4.1: Custos de produção de etanol anidro em países selecionados

PAÍS	Custo de Produção do Álcool Anidro	Matéria prima
Brasil	0,20	Cana
EUA	0,47	Milho
Europa	0,97	Beterraba, trigo
Tailândia	0,29	Cana
Austrália	0,32	Cana

Fonte: Elaborada com base em Unicamp (2005, p. 142).

Os baixos custos de produção apresentados no país são fruto de uma longa evolução da indústria brasileira, cujas primeiras experiências remontam à década de 1920. Os anos seguintes foram dedicados aos primeiros organismos institucionais para o tema, iniciando-se com a criação, pelo Governo Vargas, da Comissão para Estudos do Álcool-Motor (CEAM), no início da década de 1930. Em 1931, iniciam-se os incentivos à adição de álcool anidro à gasolina importada, seguida pela criação, no ano de 1933, do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), com o objetivo de regulamentar

⁹⁰ Por conseguinte, o álcool hidratado é, em média, 4,5% mais barato do que o álcool anidro. O rendimento motor do álcool hidratado é de 20% a 27% menor do que a gasolina, e, de acordo com Fairbanks (2006), diante desse fator, para obter o preço de indiferença entre a gasolina e o etanol hidratado, seria preciso multiplicar o preço da gasolina na bomba por 0,7. Se o resultado for superior ao preço do álcool na bomba, é mais vantajoso abastecer com esse combustível.

o mercado sucroalcooleiro do Brasil, destinando certa quantidade de matéria-prima para a fabricação de álcool anidro.

Inicialmente, a produção do etanol combustível estava ligada a questões conjunturais, como instabilidades no mercado internacional de açúcar e restrições na capacidade de importar. Na década de 1970, assiste-se à ocorrência de dois sucessivos ‘choques’ do petróleo – o primeiro em 1973 e o segundo em 1979 –, período no qual o preço do petróleo, determinado pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) sofreu expressivo aumento, partindo de US\$ 2,59/barril (159 litros) para US\$ 30,00/barril durante a primeira metade dos anos 1980 (PAIXÃO, 1996).

É a partir desse momento que, como pode ser observado no Quadro 4.1, sucessivas mudanças na legislação iam sendo introduzidas, modificando a exigência de adição de álcool anidro à gasolina. Nos primeiros 35 anos tal percentual esteve situado no montante de 5% e, já em 1966, estipulou-se limite máximo de mistura em 25%. Já a partir da década de 1970, que coincidiu com a implantação do Proálcool, tal limite variou entre 10% e 25% (percentual exigido atualmente).

Retomando os aspectos introduzidos no Capítulo 1, sobre a ocorrência de janelas de oportunidade, quando países em desenvolvimento têm uma possibilidade de entrar em uma nova tecnologia, em um momento de mudança paradigmática, sustenta-se a hipótese de que a crise energética internacional que eclodiu na década de 1970 representou uma dessas ocasiões⁹¹. Apesar de apenas recentemente, a partir de 2006, terem sido intensificados os debates sobre uma real mudança paradigmática no campo da energia, foi já a essa época que começou a ficar claro que tal mudança viria a ser necessária num curto horizonte de tempo – passando de tecnologias dependentes de combustíveis fósseis e, portanto, escassos, para rotas tecnológicas calcadas em fontes renováveis⁹².

⁹¹ Na visão de Rothwell e Zegveld (1981), essa não foi apenas uma crise conjuntural, mas estrutural, dada a partir do esgotamento do modelo de desenvolvimento tecnológico, em que o próprio ritmo de introdução de inovações sofreu expressiva desaceleração, com efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento econômico.

Quadro 4.1 - Legislações brasileiras sobre adição do álcool à gasolina: de 1931 a 2002

Teor	Legislação	Observação
5%	Dec. 19.717, de 20/2/31	Obrigatória a adição à gasolina importada.
	Dec.-Lei 737, de 23/9/38	Obrigatoriedade a toda gasolina nacional.
25%	Dec. 59.190, de 08/9/66	Límite max. na mistura de álcool anidro na gasolina.
10-11%	Port. CNP 94, de 01/7/76	Estado de PE.
11-12%	Port. CNP 95, de 2/7/1976	Estado de SP.
11-15%	Port. CNP 163, de 4/10/76	Estados de PE e AL.
10-15%	Port. CNP 5, de 07/1/77	Estado do PR.
11-13%	Port. CNP 088, de 19/5/77	Estado de SP.
18-20%	N/D	Região metropolitana de SP.
10-12%	Port. CNP 104, de 06/6/77	Estado do RJ.
	Port. CNP 130, de 21/7/77	Estado do Paraná.
	Port. CNP 142, de 03/8/77	Válido para o estado do CE.
18-20%	Port. CNP 174 de 21/9/77	RN, PB, PE e AL.
	Port. CNP 198, de 20/10/77	Norte de SP e sul de MG.
	Port. CNP 234, de 20/12/77	Estado de SP.
20-23%	Port. CNP 39, de 3/2/78	Todo o nordeste.
23-25%	Port. CNP 94, de 25/4/78	CE, RN, PB, PE e AL.
20%	Port. CNP 213, de 26/7/78	Regiões centro e sul.
	Port. CNP 325, de 5/9/78	Regiões norte e nordeste.
12%	Port. CNP 157, de 22/4/81	Regiões norte e nordeste.
	Port. CNP 245, de 30/6/81	Regiões centro e sul.
	CNE, de 28/9/81	Todo o país.
15%	Port. CNP 443, de 17/12/81	Todo o país.
20%	Port. CNE 12, de 5/1/82	Todo o país.
20%	Port. CNP 191, de 18/5/82	Regiões centro e sul.
	Decisão Ministro MME	Todo o país.
20%	Telex CNE 3.292/1983	Todo o país
	Port. CNP 190, de 15/6/83	Todo o país
22%	Port. CNP 144, de 20/6/84	Todo o país.
18%	Port. CNP 19, de 13/3/89	Todo o país.
22%	Port. CNP 98, de 7/8/89	Região metropolitana de SP.
	Port. MIC/MME 417, de 31/8/89	Redução do teor de AEAC na gasolina "C".
13%	Port. CNP 111, de 4/9/89	Todo o país, exceto região metropolitana de SP.
22%	N/D	Região metropolitana de SP.
13%	Port. CNP 143, de 16/11/89	Todo o país.
22%	Telex DNC 265, de 12/6/90	Região metropolitana de SP.
	Telex DNC 510, de 03/7/90	Área abastecida pela refinaria de Manguinhos.
	Port. DNC 23, de 23/9/92	Todo o país.
	Lei 8.723, de 12/10/93	Todo o país.
24%	MP 1.662, de 28/5/98	Límite máximo em todo o país.
	Dec. 2607, de 28/5/98	Todo o país.
	Port. ANP 197, de 28/12/99	Todo o país.
20-24%	MP 2053, de 4/8/00	Límite máximo de 24% e mínimo de 22%.
20%	Dec. 3.552, de 4/8/00	Todo o país.

⁹² Conforme sustentam Leite e Cortez (2007), à época, embora cientistas já viessem advertindo sobre os efeitos adversos das emissões de CO₂, tal preocupação estava ainda ausente das agendas de governo.

20-24%	Lei 10203, de 26/2/01	Limites max. e min. permitidos para todo o país.
22%	Dec. 3.824, de 29/5/01	Todo o país.
24%	Dec. 589 de 10/12/2001	Todo o país.
25%	Dec. 266 de 21/6/02 (MMA)	Todo o país.

N/D – não disponível

Fonte: Adaptado de ANP (2008).

É nesse momento de mudança paradigmática que o modelo energético brasileiro entra em processo de reformulação⁹³, buscando a redução da dependência frente ao petróleo e derivados. Para tanto, o papel do Estado foi fundamental – como o é em momentos de mudança paradigmática, conforme sustentado na seção 1.5 –, iniciando uma série de políticas visando a superação da chamada ‘crise energética’⁹⁴, com destaque para o desenvolvimento de nova matriz energética de cunho alternativo e renovável, culminando no estabelecimento do Programa Nacional do Álcool (PNA), ou Proálcool⁹⁵.

A criação do Proálcool não deve ser entendida apenas como consequência da política de restrição à importação de petróleo, mas também por meio da compreensão do poderio político detido pela classe dirigente do setor (usineiros e fornecedores de cana) (PAIXÃO, 1996; VIAN, 2003).

⁹³ Vale ressaltar que o governo brasileiro havia lançado o II Programa Nacional de Desenvolvimento (II PND), que incluía a implantação e expansão de uma série de setores produtivos de cunho energético-intensivo como a indústria de alumínio, siderurgia, papel e celulose, química e petroquímica. O gargalo energético era considerado um problema central a ser resolvido pelo governo militar do período (PAIXÃO, 1996).

⁹⁴ Dentre essas estão o racionamento do consumo do petróleo e da gasolina, a promoção de investimentos visando o aumento da produção doméstica de petróleo (intensificação da exploração das reservas existentes e prospecção de novas reservas), a ampliação do uso do potencial hidroelétrico do Brasil (construção das grandes usinas hidroelétricas via aproveitamento do potencial das Bacias Hidrográficas do Amazonas, Paraguai, Uruguai e São Francisco) e o ingresso na era nuclear (com a constituição do acordo de cooperação Brasil-Alemanha).

⁹⁵ Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>, acesso em 04/05/2007. Para mais informações sobre os delineamentos iniciais que deram origem ao Programa ver Procana (2004, p. 128-129).

O setor, ademais, congregava diversas condições que permitiam seu destaque, especialmente a partir da introdução de importantes alterações na estrutura produtiva da agroindústria canavieira. Estas podem ser observadas a partir da década de 1950, quando teve início movimento modernizador do setor, acompanhando o próprio movimento de modernização da agricultura do país, com a implantação da indústria de máquinas agrícolas⁹⁶. As divisas geradas pelas exportações a partir de então⁹⁷ foram investidas na modernização e ampliação do próprio setor sucroalcooleiro, ao longo dos anos 1970 e, a partir daí, a estratégia governamental passou a estar vinculada à preocupação com a elevação da produtividade agro-industrial e não somente com o volume da produção⁹⁸.

A legitimação do Proálcool, ademais, estava calcada em questões de ordem regional, econômica e social, para todo o país⁹⁹ e, para tanto, contou com vultosos investimentos, apoiados pelo Banco Mundial, a partir do que pôde ser observada a ampliação da área plantada com cana-de-açúcar e a implantação de destilarias de álcool, autônomas ou anexas às usinas de açúcar existentes¹⁰⁰ (ANCIÃES, 1978).

⁹⁶ Este processo, entretanto, só foi possível após a entrada de produtores paulistas no mercado, egressos das antigas fazendas de café, e mais acostumados à introdução de novas técnicas, o que também causou importante alteração na distribuição regional da produção. Um dos resultados desta modernização foi a consolidação de um complexo agroindustrial sucroalcooleiro, fortemente integrado inter-setorialmente, contando com representação institucional que veio a garantir os interesses do setor.

⁹⁷ Vale ressaltar que à época se referiam a exportações de açúcar.

⁹⁸ Isso ocorreu, fundamentalmente, por meio de três programas, criados pelo IAA: o Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, o Programa de Apoio a Agroindústria Açucareira e o Programa Nacional de Melhoramentos da Agroindústria Açucareira (Planalsucar).

⁹⁹ Os cinco objetivos básicos do programa foram assim definidos pela Comissão Nacional do Álcool (CNA): a) economia de divisas via redução da importação do petróleo; b) redução das disparidades regionais de renda mediante expansão da produção para diferentes regiões do país com baixo nível de ocupação produtiva; c) redução das disparidades individuais de renda através da maior ocupação da mão-de-obra no setor agrícola em uma atividade que supostamente pagaria salários mais elevados que a média do setor agrícola; d) crescimento da renda interna com uma ocupação mais intensiva da terra e da mão-de-obra até então vistas como ociosas e; e) expansão da indústria de bens de capital (tratores, máquinas agrícolas, fábricas produtoras e construtoras de destilarias, indústria química, etc), mediante elevação da demanda do setor sucroalcooleiro (PAIXÃO, 1996).

¹⁰⁰ Vale ressaltar que o álcool constituía subproduto de destilarias anexas de açúcar, sem uma política própria até a implementação do Proálcool, quando foi iniciado o estabelecimento de destilarias autônomas, para sua produção.

Os principais instrumentos utilizados para conceder base de sustentação duradoura e abrangente ao Programa foram isenções fiscais e linhas de crédito especiais, que envolviam não apenas o setor sucroalcooleiro, mas também o químico, o automotivo e o de mecânica pesada (BNDES, 1995).

O ponto de partida institucional do Proálcool foi um relatório do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), elaborado por equipe ligada à Secretaria de Tecnologia Industrial (STI) do Ministério da Indústria e Comércio, denominado “O Etanol como Combustível”, que concedia, à época, prioridade à mandioca como matéria-prima, devido à idéia de que promoveria democratização do programa, por sua produção advir majoritariamente de pequenos produtores. Entretanto, intensas disputas políticas passaram a ser travadas com empresários do setor de cana-de-açúcar, que acabaram dominando o delineamento do programa por terem maior força política (ANCIÃES, 1978).

A evolução da produção e uso do álcool como combustível em larga escala no Brasil pode ser entendida por meio do estabelecimento de quatro fases (SIMÕES, 2007). As três primeiras estão relacionadas à consecução do Proálcool, iniciando-se, de 1975 a 1979, com o apoio à produção de álcool anidro para adição à gasolina, não tendo contemplado mudanças tecnológicas significativas no processo produtivo, mas obrigou a um esforço de adaptação dos motores nacionais, exigindo pioneiros investimentos em P&D no país e no mundo, com destaque para o Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA) – ver Capítulo 5.

A segunda fase do Proálcool foi iniciada em 1979 em meio à crise no cenário internacional¹⁰¹, que serviu como estímulo para a ampliação do programa. Nesta segunda fase, que refletiu o apogeu do Programa, foi proposta a adoção do etanol como combustível para os veículos de passeio – o álcool hidratado –, especialmente com o crescimento das destilarias autônomas.

¹⁰¹ Na verdade, estas alterações no cenário internacional levaram ao início da falência do modelo de desenvolvimento de “substituição de importações”, adotado pelo Brasil desde a década de 1930.

É também introduzida nessa segunda fase a preocupação de cunho ambiental, tanto no tocante à produção da cana-de-açúcar (preocupação com zoneamento agrícola, com normas de controle da poluição, principalmente da vinhaça, resíduo com efeitos nocivos sobre rios e lençóis freáticos), quanto às alegações a favor da redução da poluição nas grandes cidades a partir da redução da eliminação do chumbo-tetra-etila, componente poluente presente na gasolina.

Assistiu-se, em paralelo, à consolidação e à introdução de inovações por parte das indústrias química, de máquinas agrícolas e insumos, bem como de empresas dedicadas à pesquisa agrônômica na lavoura canavieira, principalmente com o desenvolvimento de novas variedades de cana (ver Capítulo 5).

Importante ímpeto para a ampliação do Proálcool veio da indústria automotiva, que lançou, ao final da década de 1970, o carro inteiramente movido a álcool, produto cuja venda passou a ser subsidiada e incentivada pelo governo, no intuito de fomentar o consumo do novo combustível, gerando, assim, aquecimento também para aquela indústria¹⁰².

A terceira fase do Proálcool se estende de 1987 a 1995 e foi iniciada em meio a uma era de incertezas para a continuidade do programa¹⁰³, deflagrada por três fatores principais: a brusca redução dos recursos públicos investidos na expansão do Proálcool, a evolução favorável dos preços do açúcar no mercado internacional e a queda dos preços do petróleo no mercado internacional.

Desse modo, no final de 1989 ocorreu o que Paixão (1996) denomina de ‘choque do álcool’, com a formação de grandes filas nos postos de abastecimento em todo o país. Ao final da década, paradoxalmente, o Brasil teve que adotar duas estratégias no intuito de contornar essa situação:

¹⁰² Os principais incentivos foram a redução no IPVA cobrado para carros movidos a álcool, menor IPI, preço do álcool menor do que o da gasolina, bem como a resolução de alguns problemas técnicos, que fizeram a demanda por veículos a álcool crescer rapidamente, atingindo 90% das vendas de veículos novos no final da década de 1980. Disponível em <<http://www.tribunadoplanalto.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=326>>, acesso em 05/01/2008.

¹⁰³ A esse respeito ver, por exemplo, BNDES (1995).

passou a importar metanol para abastecer a frota de veículos e a adicionar 5% de gasolina ao álcool hidratado. O Proálcool entrou em uma séria crise de confiabilidade¹⁰⁴.

Essa crise foi de longa duração e, em 1995, observa-se uma preocupante tendência, explicitada na seguinte declaração crítica “o retrocesso do Programa mostra uma incoerência com as tendências mundiais de busca por combustíveis alternativos, renováveis e menos poluentes que os combustíveis fósseis” (BNDES, 1995, p. 5). Esse retrocesso deve ser entendido como parte do novo papel do Estado no planejamento econômico, que passou de normativo para indicativo. Esse processo iniciou-se com a promulgação da nova Constituição, em 1988, a partir de quando pode ser observada uma série de medidas com vistas à promoção de abertura econômica, com significativos efeitos também sobre a agroindústria canavieira¹⁰⁵.

Daí em diante, a eliminação dos mecanismos de controle e de planejamento da produção por parte dos organismos governamentais foi ocorrendo gradativamente, o que contribuiu para o acirramento da crise na indústria de etanol combustível, tradicionalmente acostumada com a proteção estatal. Mais tarde, como será visto, essa crise pôde ser contornada, especialmente por meio da introdução de estratégias competitivas pela indústria¹⁰⁶.

Vieram à tona, de forma mais acirrada, severas críticas que o Proálcool vinha sofrendo, com relação à pouca agressividade e à elevada burocratização do programa, e também diante da concessão de subsídios por parte do governo, cuja conta recaía especialmente sobre os consumidores finais de

¹⁰⁴ Ao final de 1989, o percentual de mistura do álcool à gasolina foi bruscamente reduzido de 18% para 13% – ver Quadro 4.1 –, devido a problemas no abastecimento do álcool, o que gerou problemas ambientais e para a indústria automotiva.

¹⁰⁵ Leis 8.028 e 8.029/90, que dispõem sobre a reforma administrativa. Disponíveis em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18028.htm e https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8029cons.htm, respectivamente, acesso em 04/05/2007.

¹⁰⁶ Vale ressaltar a observação de tendência à desfederalização, com as políticas sendo cada vez mais desenvolvidas em nível Estadual (WAACK e NEVES, 1998).

gasolina que pagavam alíquota sobre este combustível, estratégia que visava a manutenção forçada da competitividade do álcool frente à gasolina (PAIXÃO, 1996)¹⁰⁷.

Parte das críticas levantadas advém da observação de que algumas questões nacionais atuavam como variáveis condicionantes ao Programa, limitando sua exeqüibilidade técnica e viabilidade política, como: crise de energia, estrutura agrária, posse e uso da terra, dependência tecnológica, dívida externa e balanço de pagamentos, política industrial e urbana, modelos alternativos de desenvolvimento (ANCIÃES, 1978, p. 73).

Em suma, o desmantelamento do Proálcool pode ser melhor compreendido na seguinte citação de Barros e Moraes (2002, p.11):

“Com a redemocratização do país, passou a existir uma crítica muito forte ao Proálcool por parte dos agentes que não participaram do seu processo de criação. Mesmo havendo os que reconheciam que o programa tinha aspectos interessantes, (...), a imagem formada pela sociedade sobre ele era [é] extremamente negativa, não só pela forma ditatorial como foi criado (visto que o presidente Ernesto Geisel e seus ministros resolveram e fizeram o programa), como também pelas constantes notícias veiculadas na mídia ao longo do tempo sobre as questões dos subsídios, do endividamento das usinas, de sonegação fiscal, de problemas trabalhistas (incluindo trabalho infantil), que acabaram por enfraquecer o programa”.

Alguns dados em defesa do Programa também são apresentados. Segundo dados disponíveis em Procana (2004, p. 122), por exemplo, o investimento total de US\$ 11,7 bilhões, desde a criação do Proálcool, permitiu ao país, até o final da década de 1990, economia de divisas da ordem de US\$ 38 bilhões, via substituição de importações. Macedo (2005) também defende que a substituição de petróleo por álcool, entre 1976 e 2004, foi responsável por uma economia de cerca de US\$ 121,3 bilhões (consideradas as taxas de juros, à taxa de câmbio de dezembro de 2004).

É dessa forma que, no que diz respeito à construção de uma avaliação sobre o período, Waack e Neves (1998, p. 10) afirmam:

¹⁰⁷ Segundo o autor, os prejuízos com o subsídio ao Proálcool vão além. Estima-se prejuízo de cerca de US\$ 140 milhões por mês em 1995, sendo contabilizada na denominada ‘conta álcool’, mantida pela Petrobrás, que somava, segundo a Associação dos Engenheiros da Petrobrás, em fevereiro de 1996, US\$ 2,2 bilhões.

“Mesmo com incontáveis estudos, o custo do Proálcool não é conhecido com precisão, e é um dos pontos mais criticados pela sociedade brasileira. A implantação do parque sucroalcooleiro necessitou de investimentos da ordem de US\$ 12 bilhões, grande parte com juros subsidiados. Há ainda renúncias fiscais, perdão de dívidas e outros benefícios. A estes elementos, deve-se contrapor o impacto na balança comercial (estima-se que por conta do Proálcool o Brasil economizou cerca de US\$ 30 bilhões em importações), benefícios sociais e ambientais e o pagamento de impostos. Uma análise completa é um grande desafio e deveria ser realizada comparativamente com os retornos dos investimentos nacionais em prospecção e refino de petróleo, que também alcançam os bilhões”.

É interessante notar que, enquanto para muitos países o tamanho e a estabilidade do mercado doméstico exerceram papel chave para o posterior desenvolvimento de estratégia voltada ao mercado externo, o caso da indústria de etanol combustível no Brasil deu-se de forma oposta, em que sua liderança histórica como produtor e exportador de açúcar proveu bases para o desenvolvimento de uma dinâmica indústria doméstica de etanol (MARTINES-FILHO *et al.*, 2006).

Na presente tese sustenta-se que a despeito das críticas, o atual posicionamento de liderança experimentado pela agroindústria canavieira, em um contexto de valorização internacional do etanol combustível como produto, muito se deve às políticas públicas delineadas especificamente para o setor, basicamente via investimentos realizados com o Proálcool. Nesse sentido, defende-se, ademais, que o país foi bem-sucedido ao conseguir adentrar em uma nova tecnologia em seu estágio inicial, aproveitando uma janela de oportunidade colocada sob a forma da crise energética mundial.

E, para tanto, os investimentos realizados no âmbito do Proálcool, apesar de importantes, não seriam suficientes para garantir a evolução bem-sucedida da agroindústria canavieira. Novos delineamentos se fizeram necessários, dando-se início a uma quarta fase na evolução da indústria de etanol combustível nacional, iniciada no ano 2000 e estendida até os dias atuais, marcada pela revitalização do produto (SIMÕES, 2007). Essa quarta fase será objeto de discussão a partir deste momento, iniciando-se pelo processo de transformação por que passou a agroindústria canavieira a partir da desregulamentação ocorrida ao longo da década de 1990.

4.3 Da desregulamentação do setor à liderança

Em agosto de 1997, a Lei 9.478¹⁰⁸ abriu o mercado de petróleo e gás natural, no intuito de promover maior concorrência nesses setores, ao mesmo tempo em que instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), e a Agência Nacional do Petróleo (atual Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP¹⁰⁹), com rebatimentos sobre a competitividade do mercado de etanol combustível. Nesse mesmo mês foi também criado o Conselho Interministerial do Açúcar e Alcool (CIMA), centralizando o processo de tomada de decisões, tendo como objetivo analisar e propor políticas relativas ao setor (BARROS e MORAES, 2002).

O processo de desregulamentação do setor ocorreu de forma conturbada, com três adiamentos – estava previsto para o início de 1997, mas veio a concretizar-se totalmente apenas dois anos depois. De acordo com Barros e Moraes (*op. cit.*), esse adiamento evidencia o conflito de interesses e de opiniões existente, bem como a necessidade de identificar os atores envolvidos para melhor entendimento do processo, que, conforme sustentam, pode ser resumido da seguinte forma:

“A alteração do ambiente institucional trouxe a necessidade de articulação e coordenação entre os agentes da cadeia, significando uma drástica mudança dos papéis até então exercidos, já que anteriormente o Estado assumia não só as funções de planejamento e comercialização dos produtos do setor, como também era o mediador dos conflitos que sempre permearam sua história” (p. 2).

¹⁰⁸ Disponível em: <http://www.anp.gov.br/conheca/lei.asp>, acesso em 03/05/2007. Vale ressaltar que esta Lei já foi alterada nos anos de 2001 (Decreto 3.890) e de 2002 (Decreto 4.267).

¹⁰⁹ A mudança no nome da Agência ocorreu no ano de 2005 (Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005), diante da escolha estratégica do governo federal de conceder maior importância à promoção dos biocombustíveis e do gás natural na matriz energética do país.

Ainda que introduzido de forma lenta e conturbada, segundo Fairbanks (2006), esse processo de liberalização forçou os produtores a saírem de uma cômoda situação na qual conviviam com cotas de produção, preços previamente definidos, financiamentos subsidiados para usinas e canaviais, e monopólio oficial para a exportação de açúcar, passando a ter que lidar com o mercado livre¹¹⁰.

Plínio Nastari, especialista, concorda com o caráter fundamental da liberalização, mas ressalva que sua implantação não se deu de forma adequada, gerando nova crise no setor, em 1999/2000, o que atribui a três fatores principais: (i) falta de organização do setor para vender seus produtos, enquanto os distribuidores de combustíveis estavam muito bem preparados; (ii) baixo preço do petróleo no mercado internacional, situado por volta de US\$ 11/barril na época da liberação dos preços do álcool, bem como taxa de câmbio apreciada, não permitindo a competitividade do combustível à época; (iii) existência de estoque de 1,8 bilhão de litros de etanol em poder dos usineiros, pressionando os preços para baixo (FAIRBANKS, 2003).

Essa crise, ainda segundo Nastari, pôde ser contornada quando os três fatores foram superados: o preço do petróleo voltou a exceder US\$ 20/barril; a taxa de câmbio tornou-se mais realista; e os excedentes foram absorvidos pelo mercado. Em paralelo, deu-se início a processo de organização do setor, por meio da criação de centrais de comercialização de seus produtos, como aquela operada pela Copersucar¹¹¹, pela Sociedade Corretora de Álcool (SCA), pela Central Paraná Álcool (CPA), dentre outras¹¹².

¹¹⁰ É importante ressaltar, entretanto, que esse novo panorama não permite sustentar argumento de que o poder público tenha se afastado totalmente do setor que, na realidade continuou contando com uma situação bastante privilegiada no que diz respeito ao delineamento de políticas públicas específicas para seus interesses.

¹¹¹ Fundada em 1959, é a número um do setor sucroalcooleiro brasileiro e uma das maiores exportadoras privadas mundiais de açúcar (<<http://www.copersucar.com.br>>, acesso em 07/05/2007).

¹¹² Na realidade, algumas iniciativas já haviam sido iniciadas, mesmo antes da liberação de preços da cana-de-açúcar e do etanol, ocorrida em 1990, quando, com o objetivo de se prepararem para as mudanças em curso, a Organização dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (ORPLANA) e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA) criaram o Conselho Estadual de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA-SP), modelo de autogestão, contendo regras mínimas de relacionamento entre as partes e um sistema de remuneração da matéria-prima, que passou a coordenar o relacionamento entre os produtores de cana e as indústrias de açúcar e álcool. Disponível em <http://www.orplana.com.br/fundacao_orplana.asp>, acesso em 04/05/2007.

Em 1999, é criada a Bolsa Brasileira de Álcool (BBA), com o objetivo de controlar a comercialização do produto de todas as empresas associadas, passando a ser responsável por 85% do álcool do Centro-Sul (VIAN, 2003).

Paralelamente, o setor assistiu a uma aceleração do processo de concentração. Muitas usinas, diante da crise por que passou o setor, tiveram que encerrar suas atividades, sendo adquiridas por grupos maiores. Nesse novo contexto, as empresas passaram a adotar novas estratégias, como: diferenciação de produto e diversificação produtiva (entre elas, a co-geração, álcoolquímica, álcool neutro); automação industrial; mecanização agrícola e terceirização (matéria-prima, aplicação de herbicidas nos canaviais, serviços de motomecanização da agricultura, corte, carregamento e transporte da cana) (VIAN, *op. cit.*).

As iniciativas de cooperação no setor foram sendo intensificadas, dentre as quais merece destaque a criação, em 2006, do Arranjo Produtivo Local do Álcool (APLA) de Piracicaba, que reúne destilarias, indústrias, instituições e centros de pesquisa, com o objetivo de discutir os problemas da cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro, possibilitando a diminuição dos custos de produção e aumentando a competitividade do etanol da região¹¹³.

Importante modificação institucional para a agroindústria canavieira surgiu em 1996, a partir da promulgação, pelo governo federal, do Decreto 2003/96, que passou a permitir que produtores independentes comercializem energia elétrica de co-geração, uma vez que muitas usinas têm capacidade para gerar energia acima do que necessitam para sua auto-sustentação – a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar. A grande vantagem da energia gerada por este processo advém do fato de a produção sazonal do setor canavieiro coincidir com as necessidades do país, já que seu período de pico (junho-agosto) é também o período em que os reservatórios de água se encontram

¹¹³ Disponível em: http://www.piracicaba.sp.gov.br/portal/index2.php?option=content&do_pdf=1&id=469. Acesso em 20/10/2006.

em seu nível mais baixo e, portanto, o sistema hidrelétrico torna-se menos eficiente (MARTINES-FILHO *et al.*, 2006)¹¹⁴.

Essas evoluções permitiram que o país alcançasse posicionamento diferenciado com relação à sua matriz energética, frente a outros países no mundo. De acordo com os resultados preliminares do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008, divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)¹¹⁵, produtos derivados de cana-de-açúcar atingiram patamar inédito na matriz energética brasileira, situando-se em segundo lugar entre os energéticos mais demandados no ano de 2007. Esta foi também a categoria cuja participação apresentou maior crescimento (17,1%), atingindo o patamar de 16% do total da oferta interna de energia (OIE)¹¹⁶ e de 34,6% da oferta interna de energia renovável, conforme pode ser observado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Oferta interna de energia: Brasil, 2006 e 2007

	Milhões de tep		
ENERGÉTICO	2007	2006	Δ 2007/2006 (%)
OFERTA TOTAL	239,4	225,9	5,9
• Energia não-renovável	128,3	124,4	3,1
Petróleo e derivados	87,9	85,5	2,8
Gás natural	22,3	21,6	3,0
Carvão mineral e derivados	14,8	13,6	8,6
Urânio e derivados	3,3	3,7	-9,9
• Energia renovável	111,0	101,5	9,4
Produtos da cana-de-açúcar	38,4	32,8	17,1
Energia hidráulica e eletricidade	35,3	33,4	5,6
Lenha e carvão vegetal	29,9	28,6	4,6
Outras renováveis	7,5	6,7	11,8

Fonte: Adaptada de EPE (2008).

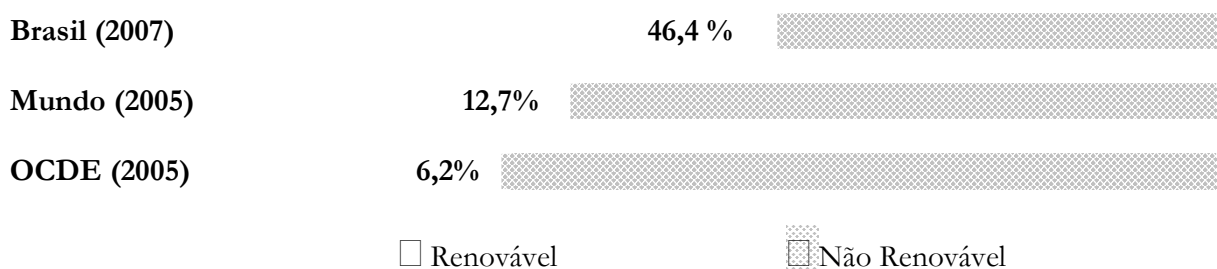
¹¹⁴ Análises sugerem que, aproximadamente, 28% do peso da cana sob a forma de bagaço podem ser transformados em etanol (SOUZA e BURNQUIST, 2000; QUEIROZ e RIBEIRO, 2002, *apud* MARTINES-FILHO *et al.*, 2006).

¹¹⁵ Informe à Imprensa – Resultados Preliminares BEN 2008. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PressReleases/20080508_1.pdf>, acesso em 09/05/2008.

¹¹⁶ A OIE é a unidade de medida que reflete o somatório da produção interna e das importações de todas as fontes disponíveis no país, diminuídas das exportações e das perdas (EPE, 2008).

Com isso, o Brasil, aumentou a utilização de energia renovável em sua matriz energética, atingindo, em 2007, um patamar de 46,4% de participação de recursos renováveis, situando-se significativamente à frente do restante do mundo (ver Gráfico 4.1).

Gráfico 4.1: Estruturas de oferta interna de energia: Brasil, Mundo e OCDE



Fonte: Adaptado de EPE (2008).

Essa evolução, entretanto, ainda segue acompanhada de complexas críticas de cunho sócio-ambiental, que vêm levantando ressalvas quanto à maior utilização do etanol como combustível alternativo ao petróleo. Esses pontos serão apresentados na próxima seção, no intuito de situar o debate e levantar importantes questões que possuem rebatimento sobre o processo de padronização técnica do produto.

4.4 Questões sócio-ambientais

A análise sobre o tema mais geral dos biocombustíveis traz em seu cerne a importância da discussão acerca das questões sócio-ambientais que o permeiam, especialmente diante do contexto atual, em que mercados compradores vêm alegando que a competitividade atingida pelo Brasil se dá com base em impactos sócio-ambientais negativos. Tais alegações, além de prejudicarem a imagem do país, colocam em risco sua posição de liderança, e, portanto, requerem discussão mais aprofundada, já que exercem algumas implicações para a montagem do ambiente regulatório

adequado ao setor, com rebatimentos sobre os aspectos metrológicos relacionados, conforme será discutido posteriormente, no Capítulo 6.

Do ponto de vista ambiental, os problemas se perpetuam desde o Proálcool, que apresentou resultados controversos. Por um lado, contribuiu para a redução da emissão de gás carbônico e para a eliminação do chumbo-tetra-etila, com efeitos positivos sobre a qualidade do ar nas grandes cidades e para a redução do efeito estufa. Por outro, contudo, o Programa foi responsável por uma série de efeitos poluentes nas regiões onde foi implantado, como por exemplo: (i) o uso da monocultura que, além de degradar o meio-ambiente, traz a necessidade do uso intensivo de produtos químicos que destroem rios e contaminam lençóis freáticos; (ii) utilização da queimada da palha da cana para facilitar a colheita; (iii) derrama do vinhoto e da água de lavagem de cana nos rios, gerando assoreamento e trazendo a mortandade da vida existente nesses leitos (PAIXÃO, 1996).

De acordo com Macedo (2005), esses pontos fracos vêm sendo combatidos, diante dos avanços tecnológicos dos últimos anos e, em sua opinião, tais avanços permitirão que a agroindústria canavieira se reorganize e supere as críticas colocadas. Por exemplo, o bagaço da cana, anteriormente resíduo poluente, passou a ser utilizado como fonte energética, por meio de sistema de co-geração de energia. Além do bagaço da cana, segundo o autor, outros resíduos vêm sendo reciclados, para utilização na lavoura: a vinhaça na forma líquida vem sendo usada como fertirrigação; a torta de filtro, transportada em caminhões, é utilizada como adubo, por sua riqueza em matérias orgânicas e minerais. Por sua vez, os processos industriais que utilizam água captada de rios e poços em várias operações vêm intensificando a sua re-utilização, visando reduzir a captação e o nível do despejo tratado.

Em paralelo aos desenvolvimentos da própria indústria no intuito de minimizar os impactos ambientais, o Estado também teve seu papel modificado no contexto pós-liberalização, e vem envidando esforços para o acompanhamento do desempenho ambiental da indústria. As atividades

controladas incluem: queimada¹¹⁷; gestão do bagaço; estocagem e utilização de herbicidas e inseticidas; aplicação de despejo líquido para fertilização; preservação florestal; qualidade da água de superfície e do solo; estocagem do etanol; uso da água; transporte da cana-de-açúcar; e poluição sonora (MARTINES-FILHO *et al.*, 2006).

Recentemente foi lançado, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o “Zoneamento e expansão sustentada do setor sucroalcooleiro no Brasil”, que procurará prover subsídios para o delineamento de políticas de expansão agrária da cana-de-açúcar, com a preocupação de conceder uma resposta a mercados importadores que cobram a implantação de ações restritivas que impeçam o avanço da lavoura da cana sobre áreas de proteção ambiental, como a Amazônia e o Cerrado.

Macedo (2005) menciona a pouca expansão frente outras culturas (sem efeitos significativos sobre áreas de proteção ambiental, inclusive Cerrado e Amazônia)¹¹⁸; erosão do solo relativamente baixa se comparada às culturas de soja e milho, por exemplo; reduzida utilização de pesticidas e fertilizantes, inclusive pelo desenvolvimento de variedades de cana mais resistentes a pragas e doenças; pouca utilização de irrigação. Ademais, afirma o autor, o uso da energia renovável do etanol possibilita evitar a emissão de gases de efeito estufa, na proporção de cerca de 13% do total do setor energético do país.

¹¹⁷ Cabe registrar o avanço nos anos 1990, da tecnologia do corte mecanizado de cana crua. Dada a dificuldade de eliminação total da queimada, foi estabelecido um cronograma para redução gradual desta atividade nos próximos vinte anos em São Paulo, região de maior produção. Em 2000, outras medidas foram tomadas com vistas a eliminar a queimada, implementando a colheita mecanizada, por meio da Lei Estadual 10.547 de 2000, que estabelece os locais nos quais a queimada é proibida, além de regras para sua realização em áreas determinadas. Dois resultados controversos destas políticas ambientais podem ser observados. O primeiro é o desemprego direto de mais de 100 mil de um total de 1,2 milhão de trabalhadores sazonais e o segundo é a criação de incentivo para que produtores realoquem suas fazendas em outros estados, que ainda permitam o uso das queimadas, no intuito de ‘driblar’ a regulação (MARTINES-FILHO *et al.*, 2006; MORAES, 2007).

¹¹⁸ Segundo dados fornecidos pelo autor, a agricultura utiliza hoje apenas 7% da superfície brasileira (dos quais a cana-de-açúcar utiliza 0,7%), sendo a maior parte do território ocupada por pastagens (35%) e florestas (55%). E afirma: “a expansão da cana-de-açúcar deu-se essencialmente pela substituição de outras culturas ou pastagens. Para os próximos anos, o maior crescimento deverá ocorrer no Oeste de São Paulo e terras limítrofes, sem expectativa de invadir áreas de florestas naturais. A ocupação do cerrado deve ser planejada, com ênfase na conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos” (MACEDO, 2005, p. 115).

Ainda a favor da agroindústria canavieira, ao compará-la com a produção de combustíveis fósseis, Macedo (2005) enfatiza que estes resultam em poluição ambiental associada à extração, poluição do ar, chuva ácida e emissão de gás estufa, além da degradação dos recursos naturais, fruto de sua utilização em larga escala, que claramente lega pesado fardo para gerações futuras. No aspecto específico das emissões, de acordo com o especialista Luis Augusto Horta Nogueira, a diferença no ciclo da produção de gasolina e de etanol é notória – enquanto o primeiro apresenta saldo de emissão de 3.368 kg de CO₂, o saldo do segundo está num patamar de 309 kg de CO₂, dez vezes a menos (VEJA, 2008).

Com relação aos impactos socioeconômicos, Macedo (2005) defende o impacto positivo da agroindústria canavieira, destacando a geração de renda e de emprego e a economia de divisas pela redução de importação de petróleo. Com relação ao emprego, o autor afirma que, enquanto no Brasil a taxa de emprego formal está situada num patamar de 45%, aquela da agroindústria canavieira do Centro-Sul chegou, no ano de 2003, ao nível de 82,8%, sendo 88,4% em São Paulo, com um crescimento de 18% entre 2000 e 2002 de empregos diretos e formais, dos quais 90,4% estão entre a faixa etária de 18 a 48 anos.

Como contraponto, Scopinho (2000) já havia demonstrado também os efeitos negativos sobre o mercado de trabalho na agroindústria canavieira, especialmente no que diz respeito à incorporação de progresso técnico. A tendência à alteração no tipo de trabalhador empregado – notadamente de nível mais alto diante da modernização do setor – torna premente o delineamento de políticas para lidar com o desemprego dos trabalhadores de menor nível de especialização.

A questão das condições envolvidas no trabalho realizado na cultura da cana não deve ser ignorada. Ainda que o tipo de trabalho na agroindústria como um todo esteja migrando para um nível mais elevado, as condições dos cortadores ainda ensejam aspectos verdadeiramente desumanos. Em maio de 2007, foi lançado o documentário ‘Quadra Fechada’, o qual mostra as condições

precárias em que é realizado o trabalho, mesmo em canaviais das modernas usinas produtoras de açúcar e álcool no interior de São Paulo. Como se ganha por produtividade, os canavieiros chegam a trabalhar até 12 horas ao dia, com um dispêndio de energia muito grande, desidratação constante oriunda das vestimentas utilizadas e do intenso calor do sol, com graves conseqüências para a saúde do cortador de cana. A exploração da mão-de-obra ainda é recorrente e o sistema ‘Quadra Fechada’, ainda que permita o controle da produção de cana-de-açúcar, é utilizado apenas pelo Sindicato de Trabalhadores Rurais de Cosmópolis e Região¹¹⁹.

Em pesquisas realizadas pelo estudo “Despoluindo Incertezas: Impactos Locais da Expansão das Monoculturas Energéticas no Brasil e Replicabilidade de Modelos Sustentáveis de Produção e Uso de Biocombustíveis”, construído a partir de trabalho de campo, foi apresentado ponto de vista crítico com relação aos impactos sócio-ambientais dos biocombustíveis. Durante a pesquisa foi ressaltada:

“(…) a complexidade dos processos envolvidos na geração dessa energia e não somente seu menor teor de poluição do ambiente, sobretudo, quando avaliamos os graves problemas envolvidos na produção deste insumo, tais como: emprego de monoculturas, deslocamento de populações rurais, pressão sobre a produção de alimentos, reconfiguração do espaço rural, destruição da vegetação nativa, contaminação de solos, rios e nascentes, poluição atmosférica, enfermidades respiratórias, mortes por excesso de trabalho e outros mais” (ASSIS e ZUCARELLI, 2007, p. 15).

Propõem, a partir das informações coletadas, uma estratégia calcada na “produção de álcool a partir da tecnologia empregada em mini-destilarias promovendo um circuito de sustentabilidade econômica e ambiental que possibilita a autonomia energética da propriedade rural” (IDEM, p. 15).

Os conflitos de opinião e a falta de conclusões mais sólidas com relação aos efeitos sócio-ambientais da produção da agroindústria canavieira em âmbito nacional se refletem na própria

¹¹⁹ Implantado em 1998, o método visa combater os roubos nas medições da jornada de trabalho dos canavieiros e as fraudes na pesagem e no preço da cana colhida. Com a implantação da quadra fechada, o salário médio do trabalhador aumentou 30% e o objetivo do documentário foi justamente de difundir esse sistema (NOVAES, 2007).

imagem do etanol combustível em nível internacional. Vale destacar, por exemplo, o posicionamento do co-presidente do Grupo de Trabalho 2 do IPCC, Osvaldo Canziani, que criticou a ênfase nos benefícios dos biocombustíveis, especificamente o caso do Brasil, alegando que a produção concentrada em monoculturas gera impactos perversos¹²⁰.

Em maio de 2008, o relatório anual da Anistia Internacional (AI) apresentou, pela primeira vez, duras críticas com relação a abusos de direitos humanos na produção de cana-de-açúcar no Brasil – referentes a trabalho forçado e à exploração nas condições de trabalho. São mencionados no relatório casos de resgates feitos pelo Ministério do Trabalho durante o ano de 2007, como a retirada de 288 trabalhadores de seis plantações de cana-de-açúcar em São Paulo, de 409 de uma destilaria de etanol no Mato Grosso do Sul e mais de mil em condições "análogas à escravidão" em uma plantação da fabricante de etanol Pagrisa, no Pará. O porta-voz da organização para o Brasil, Tim Cahill, destacou a importância do governo brasileiro na regulamentação do setor¹²¹.

Em paralelo, outro prisma crítico vem sendo levantado nos debates internacionais que cercam o tema, referindo-se à associação entre biocombustíveis e o avanço da fome no mundo, como resultante da alta de preços dos alimentos. Em reportagem divulgada pela Revista Time em abril de 2008, essa associação foi extremamente explorada e defendida, especialmente no tocante ao etanol proveniente de milho – produzido nos EUA. Com relação ao etanol produzido no Brasil, é reconhecido que tal associação só pode ser realizada se de forma indireta, já que a matéria-prima utilizada – a cana-de-açúcar – não tem participação tão relevante no mercado de alimentos quando as demais fontes empregadas na produção. Ademais, menos de 1% das terras agriculturáveis no mundo está destinado à produção de biocombustíveis, o que suscita a hipótese de que as críticas infundadas

¹²⁰ Jornal Folha de São Paulo, de 07/04/2007, p. A17.

¹²¹ Disponível em <<http://g1.globo.com/Noticias/Mundo/0,,MUL581045-5602,00-RELATORIO+DA+ANISTIA+DESTACA+ABUSOS+NO+SE'TOR+CANAVIEIRO.html>>, acesso em 28/05/2008.

reflitam interesses de determinados grupos – como aqueles associados ao mercado de petróleo – em evitar o avanço dos biocombustíveis.

De qualquer forma, torna-se difícil realizar a devida dissociação entre o etanol de cana e o mercado alimentício, e críticas dirigidas a biocombustíveis como um todo decerto afetam a imagem do produto brasileiro. Apesar da ampla defesa empreendida pelo governo federal em esfera internacional, é inegável a necessidade de avançar nos aspectos sócio-ambientais que envolvem a produção de etanol combustível, sob risco de imposição de obstáculos por parte de mercados compradores que terão argumentos para tanto. Na tentativa de superar tais entraves, o governo lançou, em 2007, discussão sobre a implementação de um programa para estabelecer boas práticas de produção, bem como certificar o produto, como ambiental e socialmente amigável, assunto a ser retomado no Capítulo 6.

4.5 Conclusão

Apesar de todo o avanço do setor no Brasil, alguns desafios vêm sendo vislumbrados. Segundo Fairbanks (2006), o risco de desabastecimento no final da entressafra se repete há anos, sem que nenhuma providência efetiva tenha sido implementada, mesmo diante da existência da Lei 8.176, de 1991, que estabelece o governo como responsável por formar e manter o estoque de segurança de álcool.

Outro risco refere-se à recente perda de posição de primeiro produtor mundial de etanol combustível no ano de 2005, quando o Brasil foi ultrapassado pelos EUA, ainda que o produto brasileiro, derivado da cana-de-açúcar, apresente níveis de competitividade significativamente maiores que seu similar norte-americano, derivado do milho, conforme discutido. O governo norte-americano vem investindo pesadamente, por meio de subsídios diretos e indiretos, uma vez que a

indústria de etanol combustível vem sendo encarada como alavanca para conservar o vigor de sua agricultura, diminuir a dependência frente ao petróleo importado¹²², bem como afastar o país de regiões conflituosas como o Oriente Médio¹²³.

Um terceiro conjunto de desafios é aquele referente à necessidade de superar as deficiências de processo que levam às críticas de cunho ambiental e social acerca da produção do combustível, o que exerce influência negativa sobre a imagem do país e do produto. Ainda que se reconheça que muitas das críticas realizadas em âmbito internacional são acompanhadas de interesse protecionista, dado o caráter estratégico associado à produção de etanol combustível, é necessário que os produtores nacionais vençam os entraves que permanecem e superem as críticas colocadas.

Os dois últimos desafios aqui numerados passam por dois vetores – o da necessidade de investimento em inovações, tema do próximo Capítulo, e na TIB que forneça as bases necessárias para o aumento da competitividade da indústria, objeto de análise do Capítulo 6.

¹²² É importante lembrar que especialistas prevêem a ocorrência do ‘*Global Hubbert Peak*’ (quando a oferta mundial de petróleo e de gás natural deverá atingir seu máximo e parar de crescer) para antes do ano 2020. Um substituto será necessário, portanto, no máximo 10 anos após atingir-se este pico.

¹²³Jornal Valor Econômico. Disponível em: <<http://www.valoronline.com.br/valoreconomico/285/primeirocaderno/especial/Febre+do+etanol++se+espalha+pel+o+interior+dos+EUA+,,59,3860916.html>>, acesso em 24/08/2006.

CAPÍTULO 5: O SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO PARA ETANOL COMBUSTÍVEL

5.1 Introdução

O caso da indústria de etanol combustível pode ser incluído em um conjunto de destaque nacional da agroindústria, pois, como veremos ao longo deste Capítulo, toda a agroindústria canavieira do país, desde o plantio da matéria-prima, passando pela indústria de base, com efeitos de transbordamento sobre setores de bens de consumo finais, é intensiva em atividades inovadoras.

O destaque concedido à agroindústria canavieira é ainda mais premente quando se analisa o contexto recente da capacidade inovadora da economia brasileira, cujo desempenho, conforme Cassiolato e Lastres (2005) argumentam, continua modesto, sendo o padrão de inovação ainda desenvolvido, em sua maior parte, de forma defensiva e adaptativa. Nas palavras dos autores:

“Exceção são segmentos da agro-indústria – dado o papel da EMBRAPA e as especificidades do processo de geração e difusão de inovações na agricultura – e algumas atividades historicamente percebidas como estratégicas e onde o papel do Estado foi fundamental na constituição de sistemas de inovação e que se mantém sob controle nacional como o petróleo e o segmento aeronáutico” (p. 34-35).

Diante das questões acima colocadas, o objetivo do presente Capítulo é demonstrar – por meio da realização de um paralelo entre o desempenho inovativo da indústria de etanol combustível e aspectos levantados pela literatura sobre o tema, analisados no Capítulo 1 –, que a agroindústria canavieira no Brasil pode ser considerada um dos casos de destaque levantados por Cassiolato e Lastres (2005).

Para tanto, serão apresentadas as bases que permitiram a construção de um sistema setorial de inovação (SSI) para o setor, com amplo destaque para a contribuição do Estado nesse processo, para posterior análise das principais características inovadoras associadas à indústria brasileira de

etanol combustível. Tais questões representam pré-condição para a discussão que se segue no Capítulo 6, dedicado a discutir aqueles mecanismos mais relevantes para o ambiente de seleção das inovações introduzidas e para a bem-sucedida difusão das mesmas, sustentando-se aqui a existência de uma interdependência intrínseca de ambos os processos. No caso aqui proposto, ênfase será concedida àqueles mecanismos referentes aos marcos regulatórios, mais especificamente, da padronização técnica e da metrologia como base de todo o processo – e que não vêm sendo analisados de forma mais contundente numa perspectiva sistêmica, a despeito da importância que exercem.

Partindo de premissa proposta no Capítulo 1, baseada em Bell e Pavitt (1993), será evidenciada a intensidade inovadora em elos da cadeia selecionados – fornecedores de matéria-prima, indústria de bens de capital e indústria de bens de consumo, com destaque para alguns exemplos emblemáticos.

São realizados nesse Capítulo, ademais, alguns apontamentos sobre a competitividade da indústria brasileira de etanol combustível, com destaque para a sua evolução que partiu de uma situação em que seu desenvolvimento inicialmente calcava-se em vantagens comparativas para um processo de modernização do setor, e a paralela construção de vantagens competitivas, colocando-a num patamar de liderança.

5.2 O Sistema Brasileiro de Inovação para etanol combustível

Conforme salientado no Capítulo 4, o desenvolvimento do setor de etanol combustível no Brasil está atrelado ao da agroindústria canavieira, cujas primeiras iniciativas remontam ao início do século XX. Entretanto, sustenta-se que a construção de um ‘Sistema Brasileiro de Inovação’ para o setor deve levar em consideração a montagem do Proálcool, na década de 1970, que marcou as

primeiras iniciativas de delineamento de políticas específicas para o setor. É nesse momento, portanto, que pode ser percebida a estruturação de algumas das bases do SSI para etanol combustível – ainda que o conceito à época não fosse adotado.

Em estudo conduzido em Anciães (1978, p. 89), é destacada a falta de aparato institucional à altura de um programa estratégico e de repercussão estrutural. Dentre os principais pontos de estrangulamento do programa, está inserida a “inexistência de mecanismos capazes de transferir para o setor produtivo as inovações tecnológicas necessárias com certa presteza e efetividade, na escala em que o Programa impõe”. Ademais, o mesmo estudo ressalta que a pesquisa tecnológica à época do Proálcool era quase que totalmente conduzida pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT), se dedicando a pesquisas direcionadas ao “aproveitamento mais otimizado dos recursos envolvidos, em pesquisa para o álcool, desde a produção de matérias-primas, passando pelo processamento industrial, até as diferentes utilizações do produto” (IDEM, p. 89).

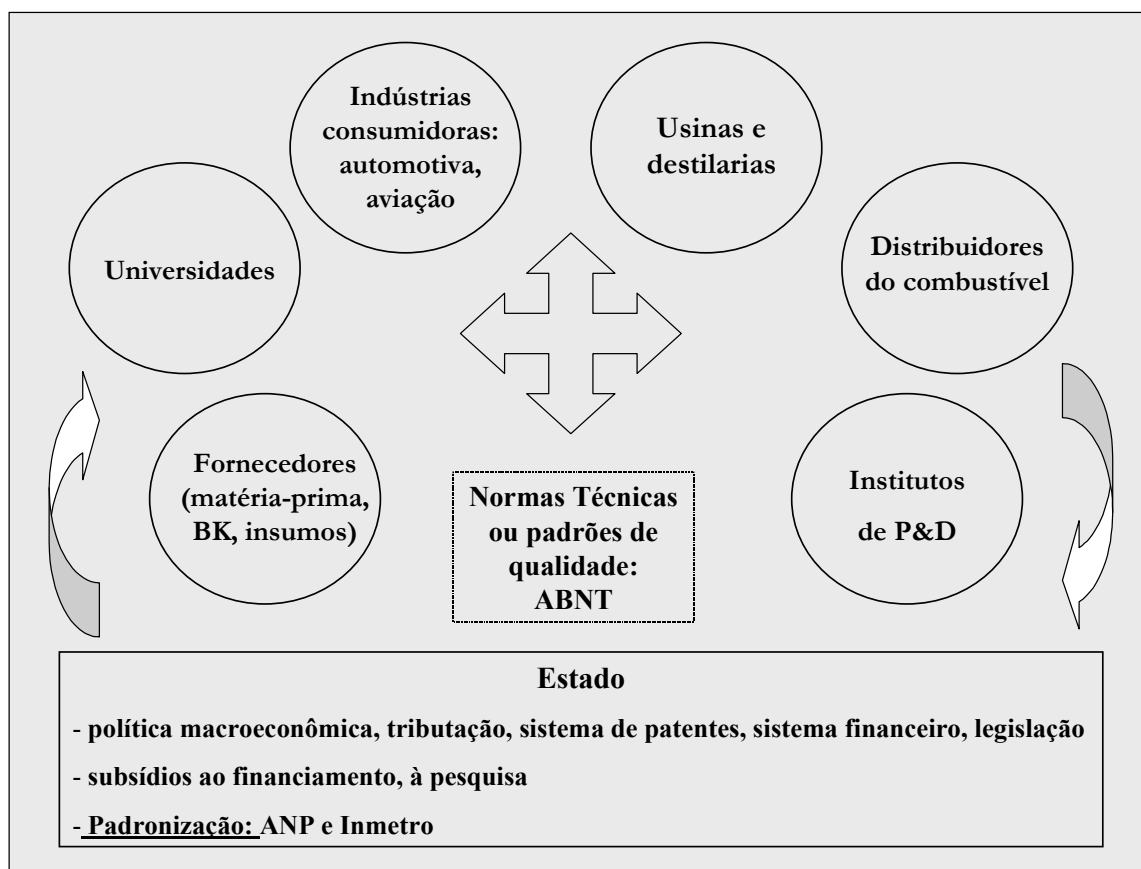
Esses entraves tiveram importantes influências para a crise instalada na indústria ao final da década de 1980. Entretanto, como demonstrado no Capítulo 4, novas estratégias foram sendo implementadas, dentre as quais o investimento em P&D e em inovações ganha destaque, como será visto na próxima seção. E, atualmente, nas palavras de Fairbanks (2006, p. 3): “o complexo agroindustrial sucroalcooleiro é o único no qual o Brasil detém toda a tecnologia necessária para a produção, desde a matéria-prima, passando pela seleção e melhoramento genético de variedades de cana, até o consumo final”.

Tais observações vão de encontro às interpretações simplistas que descartam desenvolvimentos da área da agricultura como intensivos em inovação, e também as que desconsideram a importância de que países em desenvolvimento invistam em P&D e em inovação tecnológica, defendendo que devem se ater à mera importação de tecnologias advindas de países avançados. O Brasil, portanto, representa caso que se contrapõe a essa argumentação, em que o

intensivo investimento em P&D e em inovação permitiu que o país se destacasse em uma atividade que atendia às suas peculiaridades, no campo da agricultura, sendo hoje utilizada em diversos países.

A Figura 5.1 fornece ilustração dos componentes do SSI para etanol combustível, sem realizar qualquer tipo de alusão a aspectos hierárquicos, já que se defende justamente o caráter sistêmico do processo inovativo, para o qual contribuem os mais diversos atores, que entre si possuem uma relação de total interação e interdependência.

Figura 5.1 – Sistema Setorial de Inovação para etanol combustível



Fonte: Elaboração própria.

O objetivo da Figura 5.1 é destacar o papel do Estado no SSI para o etanol combustível que, conforme demonstrado, possui atuação de amplo escopo, perpassando as mais diversas atividades – desde a condução de políticas macroeconômicas que afetam o dinamismo do processo inovativo, até sua participação na concessão de subsídios às pesquisas de ponta voltadas à busca do desenvolvimento tecnológico.

Ainda com relação à Figura 5.1, destaque deve ser dado àqueles atores que atuam no processo de padronização técnica do etanol combustível. Além da óbvia participação das usinas e destilarias, procurou-se destacar – até mesmo por meio de menção explícita – três organismos atrelados a esse tipo de atividade: a ABNT (fórum de elaboração de normas técnicas de caráter voluntário, ou padrões de qualidade), a ANP (Agência responsável pela regulação do setor, inclusive por meio da elaboração de regulamentos técnicos, de caráter compulsório) e o Inmetro (instituto nacional de metrologia no Brasil, responsável pelo desenvolvimento do padrão para etanol combustível, o seu MRC). Análise mais contundente sobre a atuação desses três organismos será fornecida no Capítulo 6.

Nesse momento faz-se necessário explorar com maior detalhamento a atuação de alguns dos atores que compõem o SSI para o etanol combustível, representando também elos selecionados da cadeia, no intuito de demonstrar a capacidade inovadora da indústria, objeto da seção que se segue.

5.3 Capacidade inovadora da indústria brasileira de etanol combustível

A despeito da utilização de mecanismos de vantagem comparativa, o alto investimento em P&D vem se consolidando como um dos fatores preponderantes para o sucesso e crescimento do complexo sucroalcooleiro brasileiro. Martines-Filho *et al.* (2006) demonstram, por exemplo, que a produtividade da cana-de-açúcar e da atividade industrial no setor cresceram, respectivamente, a uma

taxa de 2,3% e 1,17% ao ano entre 1975 e 2004. As explicações para tais taxas de crescimento podem ser encontradas em aspectos como o desenvolvimento de novas variedades, introdução de controle biológico de pragas, aprimoramento na gestão e maior seletividade de solo. Dados apresentados no vídeo institucional da UNICA¹²⁴ demonstram que os investimentos em inovação chegam a cerca de US\$ 40 bilhões ao ano, corroborando o argumento dos autores.

Nessa mesma linha de análise, Shikida, Neves e Rezende (2002, p. 121) destacam a “introdução de pequenas inovações experimentadas pela agroindústria canavieira, que denota capacidade de adaptar tecnologia em rotinas antes pouco visadas, mas que também maximizam ganhos na operação produtiva”. Os autores destacam, ainda, a realização de P&D concentrada nas áreas agrônoma (novas variedades de cana-de-açúcar e métodos de plantio, cultivo e colheita); industrial (modernas tecnologias industriais de produção de açúcar e álcool, motomecanização); e de recursos humanos (IDEM, p. 133).

Seguindo discussão desenvolvida no Capítulo 1, no intuito de melhor discutir a capacidade inovadora dos elos da cadeia que compõem esta agroindústria, faz-se necessário realizar duas premissas. A primeira refere-se à conceituação do etanol combustível como um produto homogêneo, cuja dinâmica de inovação pode ser então enquadrada na análise proposta por Utterback (1994). O autor desenvolve para este caso o conceito de tecnologia habilitadora (*enabling technology*) – paralelo à sua definição de modelo dominante –, caracterizado como aquele cujo foco é dirigido ao esforço tecnológico e à experimentação durante o processo produtivo, concentrando-se, portanto, mais no melhoramento dos processos que em inovação de produto e *design*. Utterback acrescenta, ainda, que as inovações de processo têm, nesse caso, impacto maior sobre a produção, ao contrário do que ocorre na produção de produtos diferenciados, uma vez que a última envolve mais estágios de processo que a primeira.

¹²⁴ Disponível em <<http://www.portalunica.com.br>>.

A segunda premissa adotada para a discussão a ser desenvolvida está relacionada à forma como a acumulação tecnológica é conduzida na agroindústria, adotando-se aqui a hipótese de que o setor objeto de nossa análise, numa primeira leitura, apresenta características que mais se enquadram na classificação de Bell e Pavitt (1993) de ‘dominada pelo fornecedor’, ainda que estejam também presente características oriundas de firmas intensivas em escala e aquelas de base científica. Ou seja, ainda que muitas inovações se originem no próprio projeto de processamento do etanol combustível, a concretização da grande maioria das inovações é trazida por fornecedores – de matéria-prima, de insumos químicos, de produtores de bens de capital –, apresentando, ainda, rebatimentos sobre as indústrias que produzem bens que utilizam o etanol combustível como bem de consumo, como a indústria automotiva e, mais recentemente, a de aviação.

Sustenta-se, ademais, hipótese de que o setor vem se aproximando daqueles casos em que o processo de acumulação tecnológica permite evolução que possibilita que inovações mais dinâmicas e complexas sejam introduzidas – como aquelas provenientes de setores de ponta, como a biotecnologia e a automação.

No intuito de demonstrar a argumentação aqui colocada, será realizada uma breve apresentação da evolução da dinâmica inovadora da agroindústria, destacando-se alguns exemplos mais emblemáticos em cada elo da cadeia – nos fornecedores de matéria-prima, na indústria de bens de capital e insumos e, finalmente, na indústria consumidora de etanol combustível.

5.3.1 Capacidade inovadora de fornecedores de matéria-prima

As atividades de pesquisa foram intensificadas no ano de 1971, justamente sobre o elo da matéria-prima cana-de-açúcar, quando o governo federal lançou, no âmbito do IAA, o Planalsucar,

programa voltado ao desenvolvimento de novas variedades da matéria-prima¹²⁵. Tal iniciativa visava à redução da diferença nas taxas de crescimento entre a indústria e a produção do agronegócio da cana-de-açúcar, no intuito de evitar que o desenvolvimento mais rápido do setor industrial viesse a causar eventuais gargalos para produtores de açúcar e etanol.

Também na década de 1970 a Copersucar criou o Centro de Tecnologia Copersucar (CTC, atual Centro de Tecnologia Canavieira)¹²⁶, outro ator essencial para as pesquisas que vêm contribuindo para a expansão do setor. Segundo Martines-Filho *et al.* (2006), o CTC investiu, entre 1980 e 1990, cerca de 1% de sua receita total em pesquisas relacionadas à cana-de-açúcar e seus produtos finais¹²⁷.

Na década de 1990, o Planalsucar foi encerrado juntamente com o IAA, como parte da estratégia de desregulação do setor pelo governo, após o que a Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), grupo composto por oito universidades, absorveu todo o trabalho de pesquisa anteriormente desenvolvido, por meio da criação do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA), conduzido pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), continuando e também ampliando o programa de criação de novas variedades¹²⁸.

¹²⁵ É importante citar que o estado de São Paulo, por meio do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e do Instituto Biológico, já havia iniciado de forma pioneira algumas atividades de pesquisa, mas foi após o advento do Planalsucar que a atividade de pesquisa realmente tornou-se mais intensa. Disponível em <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=879>>, acesso em 07/05/2007.

¹²⁶ A modificação na denominação do Centro ocorreu em 2004, quando a Copersucar transferiu o CTC ao setor sucroalcooleiro nacional. Até então, havia 32 unidades de São Paulo associadas ao CTC e, em 2007, este número evoluiu para 146 associados de todo o país, representando 60% da cana-de-açúcar do Brasil. Dentre os desenvolvimentos do CTC, encontram-se aqueles da área industrial, logística e agronomia, incluindo aspectos relativos a variedades, plantio e colheita mecanizada, biotecnologia, controle biológico de pragas, muda sadia, geoprocessamento, imagens de satélites, cartas de ambiente de produção, produção de açúcar e álcool e geração de energia. (Disponível em <<http://www.ctcanavieira.com.br>>, acesso em 03/05/2007).

¹²⁷ De acordo com o Pesquisador Wokimar Teixeira Garcia, as atividades de P&D realizadas pelo CTC estão voltadas ao desenvolvimento de variedades de cana, sendo que cada nova variedade para ser consolidada leva em média cerca de 10 a 12 anos. Desde a nova fase do CTC já foram lançadas nove variedades de cana (algumas já vinham em processo de desenvolvimento). Entrevista concedida em 01/02/2007.

¹²⁸ Mais informações podem ser obtidas em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/htm/pmg/progr.php>>, acesso em 07/05/2007.

É desta forma que, a partir de estudos conduzidos pelo Planalsucar, pelo PMGCA e pelo CTC, dentre outros, surgiram, ao longo dos últimos 30 anos, variedades nacionais de cana-de-açúcar dotadas dos melhores índices de produtividade, brotação de soqueira, teor de sacarose e resistência a doenças e pragas.

De acordo com Macedo (2005), as atividades de P&D vêm promovendo significativo avanço na diversificação de variedades, havendo, hoje em dia, mais de 500 variedades de cana cultivadas, 51 das quais desenvolvidas nos últimos 10 anos. Ainda segundo o autor, o país destaca-se entre outros produtores de cana-de-açúcar por conta de investimentos em biotecnologia com o desenvolvimento de variedades transgênicas (ainda não comerciáveis, já que, até a presente data, a legislação sobre o tema não vem se desenvolvendo à mesma velocidade que as pesquisas na área) desde a década de 1990 e também a partir da identificação, por parte de laboratórios brasileiros, de 40.000 genes da cana-de-açúcar, no ano de 2003.

5.3.2 Capacidade inovadora da indústria de bens de capital e de insumos

Os principais avanços relacionados ao melhor aproveitamento da matéria-prima vêm do setor de bens de capital, um dos maiores destaques do país no que se refere à agroindústria canavieira. Esse é também o setor responsável pelo desenvolvimento da tecnologia de produção do etanol.

A tecnologia atualmente utilizada no Brasil foi desenvolvida na década de 1960, quando todos os projetos de destilaria no país eram franceses ou alemães. Dadas as dificuldades enfrentadas à época, a empresa Codistil contratou o engenheiro químico Jaime Lacerda, considerado o criador da tecnologia nacional até hoje utilizada por fabricantes de coluna de destilação (PROCANA, 2004).

Apesar de se encontrar em um estágio maduro, a tecnologia de processamento do etanol vem experimentando significativos avanços ao longo das últimas décadas e novas tecnologias vêm sendo lançadas, no intuito de alavancar a competitividade do setor. A maior parte dessas novas tecnologias diz respeito à busca por um melhor aproveitamento da matéria-prima, até porque, como o etanol combustível é considerado um produto homogêneo, utilizando-se a concepção de Utterback (1994), as inovações introduzidas são de fato mais voltadas ao processo em si que a novos *designs* de produto.

De acordo com Plínio Nastari, presidente da Datagro, “só se aproveita um terço da energia total armazenada na cana, pois o bagaço, as pontas e palhas são pouco ou nada aproveitados” (FAIRBANKS, 2006, p. 03), o que nos leva a concluir que exista, ainda, ampla gama de possibilidades para melhor aproveitamento da matéria-prima.

De acordo com Bonomi, Poço e Trielli (2006), um novo paradigma para a tecnologia de produção do álcool está em vistas de se consolidar, por meio da adoção de duas rotas tecnológicas. A primeira, calcada no maior aproveitamento da matéria-prima, incluindo a utilização de cana transgênica. A segunda, a rota industrial, está voltada ao desenvolvimento de tecnologias que permitam o aproveitamento integral da cana-de-açúcar, em duas linhas principais: a hidrólise do material lignocelulósico para produção de açúcares fermentescíveis (rota química e biológica) e a gaseificação deste material seguida pela síntese de combustíveis líquidos (rota térmica). Os autores destacam ainda a possibilidade de implantação de ‘biorrefinarias’ de cana-de-açúcar, representando agregação de valor à cadeia da cana, via produção de novos produtos (como plásticos biodegradáveis, por exemplo).

Nesse sentido, vale explorar as estratégias desenvolvidas pela líder nacional do setor de bens de capital para produção de etanol (e também de açúcar), a Dedini S/A Indústrias de Base, que oferece todos os equipamentos necessários à montagem de usinas e destilarias, incluindo periféricos e tecnologia de processo, sendo responsável pelo fornecimento de mais de 80% dos equipamentos

originais de todas as usinas instaladas no Brasil, além de exportar para diversos países. Esse é um importante fator de sucesso, já que, segundo Dalum (1992):

“A capacidade de introduzir bens de capital comercialmente bem-sucedidos é concebida como um de muitos possíveis indicadores de ‘força’, por assim dizer, de um dado sistema de inovação. Para sustentar crescimento de longo prazo, a evolução de um setor de bens de capital é visto como uma importante, ainda que não suficiente, condição” (tradução nossa).

A Dedini também fornece plantas fabris montadas já de acordo com as especificações constantes da Resolução ANP 36/2005, o que facilita que o produto brasileiro atenda às exigências estabelecidas pela Agência. Pode-se afirmar que esta é uma importante evidência da atuação de mecanismos regulatórios no ambiente de seleção da inovação – as inovações desenvolvidas pela Dedini para a produção de etanol incorporam as exigências técnicas do organismo regulamentador para o tema. E, ademais, tal estratégia da empresa representa importante fonte de difusão das inovações tecnológicas introduzidas, muitas vezes a partir de demandas dos produtores.

Segundo José Luiz Olivério, vice-presidente de Tecnologia e Desenvolvimento da Dedini, a empresa investe cerca de 4% de seu faturamento em P&D¹²⁹. Seguindo a tendência de introdução constante de inovações em sua linha de produtos, em 2003 a Dedini lançou tecnologias inovadoras para as famílias de destilarias voltadas ao aprimoramento da produção de álcool hidratado (Destiltech) e da produção de álcool anidro (Destilplus), destinadas para novas unidades ou ampliações, que incorporam avanços tecnológicos obtidos ao longo das últimas décadas. A empresa também vem desenvolvendo tecnologia para lidar com as novas condições da produção do setor, já que a sazonalidade, que condiciona a mentalidade setorial de desmontar a usina no final da safra, vem diminuindo diante dos avanços no que diz respeito à antecipação e prolongamento da safra a cada ano, podendo, no futuro, tornar-se ininterrupta (FAIRBANKS, 2006).

¹²⁹ Disponível em <<http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/news-dedini070910.php>>, acesso em 16/01/2008.

A Dedini também vem se dedicando a pesquisas voltadas à produção de etanol de segunda geração, que permitirá que o produtor gere energia a partir do bagaço da cana, e escolha quanto à melhor alternativa para sua empresa – produzir mais etanol ou gerar energia excedente¹³⁰. Essa alternativa que pode vir a ser bastante lucrativa só pôde tornar-se uma possibilidade concreta a partir da promulgação do Decreto 2003/96 que, conforme visto no Capítulo 4, passou a permitir que produtores independentes comercializem energia elétrica de co-geração.

Esta é mais uma evidência de como o Estado pode agir na abertura de oportunidades para que as empresas inovem, nesse caso por meio de sua atuação na regulação. Entretanto, permanecem ainda algumas indefinições quanto aos mecanismos de negociação de eletricidade, o que impõe obstáculo ao melhor aproveitamento dessa oportunidade, prejudicando a obtenção de rendimentos complementares para o setor. Segundo Rodrigues, da UNICA, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)¹³¹ deixou de honrar contratos de venda de energia firmados com empresas do setor, indefinição que inviabiliza os investimentos dos usineiros (FAIRBANKS, 2006).

Ainda na categoria de fornecedores de bens de capital, duas empresas merecem destaque, dada sua capacidade inovadora. A primeira é a Smar, que se encontra na liderança nacional do segmento de produção de equipamentos para controle eletrônico de processos industriais, sendo também uma das maiores do mundo nesse campo. A Smar desenvolveu alguns dos mais eficientes *softwares* de gerenciamento de processos nas usinas, como a variação de temperatura das caldeiras. A liderança da empresa é calcada em estratégia voltada ao investimento de 12% de seu faturamento anual de R\$ 100 milhões em P&D. A Smar ocupa, ainda, o primeiro lugar do setor em número de

¹³⁰ José Olivério, no entanto, salienta que o melhor aproveitamento do bagaço para a geração de energia pode ser obtido por meio da adoção de turbinas de ciclo combinado, para a qual falta desenvolver a tecnologia de gaseificação e combustão do material, que deixou de receber incentivos e atenção oficiais.

¹³¹ Dada sua trajetória de expansão empresarial, adota atualmente a denominação CPFL Energia, não mais se restringindo ao mercado paulista. Mais informações em <<http://www.cpf.com.br>>, acesso em 12/03/2008.

patentes – aproximadamente 50, das quais 30 já foram homologadas ou aprovadas, enquanto as restantes aguardam certificação (REVISTA EXAME, 2007¹³²).

A Caldema é a segunda empresa a ser destacada, dado seu posicionamento como uma das maiores fabricantes de caldeiras para usinas no Brasil, já tendo exportado para mais de 20 países, como Irã, México e Argentina. Um dos projetos mais inovadores do setor foi desenvolvido por esta empresa – a maior caldeira do mundo em sua categoria, com capacidade de produção equivalente à de três caldeiras convencionais (IDEM).

Além do setor de fornecedores de bens de capital, é importante salientar os avanços tecnológicos conduzidos na indústria de insumos, especialmente no que se refere à produção de químicos para a agroindústria canavieira e ao processo de fermentação. Segundo informações constantes do Jornal Cana (2005), a otimização do processo de fermentação alcoólica vem mobilizando universidades, centros de pesquisas e empresas – fornecedoras de serviços e de produtos –, que se empenham com vistas ao oferecimento de soluções mais avançadas. É desta forma que tradicionais processos fermentativos são alvo, a cada safra, de aprimoramento tecnológico, incluindo aditivos químicos para aumentar sua eficiência sem aumento de custos. Estratégias futuras vislumbram, inclusive, a aplicação de técnicas de engenharia genética para a produção de fermentos mais produtivos.

Dentre as inúmeras iniciativas, destaque deve ser dado para um novo e revolucionário sistema para destilação de etanol, desenvolvido na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (FEA/Unicamp), que trabalha com a fermentação contínua e inclui a extração a vácuo do álcool. Fruto de tese de doutorado de Daniel Atala, alguns resultados comprovados em laboratórios mostram que o novo sistema triplica a produtividade em dornas de

¹³² Disponível em <http://portalexame.abril.com.br/static/aberto/anuarioagronegocio/edicoes_0895/m0131025.html>, acesso em 10/05/2008.

fermentação alcoólica, diminuindo o volume de vinhaça e reduz custos, devido, principalmente, à eliminação do uso dos trocadores de placas (JORNAL CANA, 2005)¹³³.

Em geral, as pesquisas no campo da fermentação alcoólica visam a evitar perdas resultantes da queda no rendimento fermentativo que, em alguns casos, chega a ultrapassar 2,5%, segundo Glauco Mello, gerente industrial da Elanco, empresa que trabalha com produtos voltados ao controle de contaminação no processo de fermentação. De acordo com o gerente, a assepsia dos equipamentos é fundamental e, para evitar maiores transtornos causados por infecção, a empresa desenvolveu anti-bactericida com efeito mais duradouro – cerca de três dias, enquanto a penicilina tem ação de apenas duas horas. Dados fornecidos pela empresa indicam que sua linha de produtos – composta por outras seis opções indicadas conforme as características do sistema, tipo de bactéria e situação do processo fermentativo – está presente em 90% das unidades de produção de álcool (IDEM).

Outra empresa do setor químico com atuação inovadora no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos para o setor é a Clariant, responsável pelo desenvolvimento do corante alaranjado líquido AR4, que identifica o etanol anidro na fonte produtora sem interferir com o produto ou com a combustão nos motores automotivos, cumprindo determinações da ANP (ver seção 6.2). O produto foi desenvolvido com o objetivo de impedir o desvio do etanol anidro, isento de impostos, para posterior venda como hidratado, tributado na origem, gerando lucros indevidos na mistura com a gasolina (JORNAL CANA, 2005). Ou seja, a inovação tecnológica surgiu a partir de uma necessidade de um organismo regulamentador – a ANP – que criou uma oportunidade para aumento da capacidade inovadora no setor de fornecedores de insumos químicos¹³⁴.

¹³³ Vale ressaltar que o sistema - com direito de propriedade intelectual já patentado - pode ser totalmente controlado por computador, inclusive via Internet, por meio do uso de um *software* também desenvolvido na Unicamp.

¹³⁴ Atualmente existem sete fornecedores do corante, cadastrados na ANP (disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/alcool.asp>>, acesso em 08/05/2008).

Avanços adicionais vêm sendo destinados ao prolongamento do período de safra, tradicionalmente restrito de maio a novembro na região Centro-Sul, para a faixa de março a dezembro. A partir daí a prática usual de desmontar a usina na entressafra será inviabilizada, gerando a necessidade de utilização de equipamentos mais robustos e que demandem produtos químicos mais sofisticados para suportar as pesadas condições operacionais (IDEM).

Tais observações ilustram importantes interações entre os agentes do SSI, a saber, agência reguladora, fabricantes de álcool e produtores de equipamentos. Sugerem, ainda, que o campo de possibilidades para avanço de fornecedores de bens de capital e de insumos ainda pode ser bastante ampliado, trazendo ainda mais vantagens competitivas para a agroindústria canavieira.

5.3.3 Capacidade inovadora da indústria de bens de consumo

A importância da análise a respeito dos efeitos de transbordamento da indústria de etanol combustível para demais indústrias que utilizam o produto para consumo final é justificada pelo fato de ser esse um dos mecanismos mais significativos para a difusão da inovação introduzida, bem como para avaliar se a mesma foi bem-sucedida quando de sua ‘entrada’ no ambiente de seleção correspondente.

O primeiro ponto a ser salientado nesse contexto refere-se ao aspecto inovativo da indústria automotiva, sua maior usuária. Em 1979, foi criada tecnologia para motores ‘Ciclo Otto’¹³⁵ movidos a álcool hidratado, desenvolvida por pesquisadores da Escola de Engenharia da USP, em São Carlos¹³⁶.

¹³⁵ Motor de combustão interna com ciclo de quatro tempos de movimento do êmbolo, cuja introdução se deu em 1861 pelo alemão Nikolaus August Otto e que representou a base do motor moderno (JUNIOR, 2007).

¹³⁶ Disponível em <<http://www.tribunadoplanalto.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=326>>, acesso em 05/01/2008.

De acordo com Paixão (1996), alguns problemas estavam associados à nova tecnologia, como o aumento da taxa de compressão para a octanagem mais elevada do álcool; calibragem do carburador; acréscimo de um sistema de pré-aquecimento do combustível para um ponto de vaporização a uma temperatura mais elevada; corrosão das partes metálicas do motor; e a partida a frio do motor. Segundo esse autor, foram necessários investimentos significativos, especialmente aqueles desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA), para que, em menos de quatro anos, a maioria desses problemas fosse contornada, viabilizando tecnicamente o prosseguimento do Proálcool.

Caso esses problemas não tivessem sido contornados, pode-se inferir que, talvez, naquele momento, o próprio uso do etanol combustível – considerado, à época, uma inovação tecnológica em si, como combustível alternativo – pudesse ter sido considerado inadequado e estivesse fadado ao fracasso diante dos mecanismos atuantes no ambiente de seleção: por seus consumidores, pelo mercado e pelos marcos regulatórios atuantes.

A despeito das dificuldades iniciais e das crises observadas em sua evolução, o produto foi-se consolidando até que ímpeto adicional ao consumo de etanol combustível surgiu, no ano de 2003, quando, após quase dez anos de desenvolvimento tecnológico para motores automotivos bicomcombustíveis (*flex-fuel*)¹³⁷, essa importante inovação foi introduzida no mercado. Com a introdução da nova tecnologia, desenvolvida pelas empresas Magneti Marelli e Bosch (atuantes em tecnologia automotiva), consumidores podem realizar sua escolha por gasolina ou etanol sem custos adicionais, dependendo sua decisão unicamente da relação de preços entre os dois combustíveis.

¹³⁷ Atualmente, cerca de 70% da produção anual de autoveículos leves (automóveis e comerciais leves) no Brasil é de carros que contam com essa tecnologia. De 2003 a 2007 essa categoria apresentou crescimento de cerca de 3825% (ANFAVEA, 2008).

Essa tecnologia, originalmente, foi desenvolvida nos EUA pela *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE)¹³⁸, nos idos da década de 1980. Entretanto, a tecnologia norte-americana utilizava um sensor para identificar qual combustível estava sendo usado, permitindo que o computador de bordo ajustasse os sistemas de injeção e de ignição para obter melhores condições de queima do combustível. Dada a complexidade dessa tecnologia e seu alto custo, montadoras nacionais passaram a investir recursos para desenvolver tecnologia similar, obtida mais tarde por meio de estudos que levaram a um sistema *flex-fuel* completamente novo a custo menor (JUNIOR, 2007).

Mais recentemente, o mercado de aviação de pequeno porte também vem investindo em inovação tecnológica, por meio do lançamento de motores de avião a etanol. As primeiras iniciativas nesse sentido foram introduzidas ainda durante o Proálcool, com o projeto de conversão do avião militar T-25 para etanol. As pesquisas datam concretamente de 1981 e, em dezembro de 1985, foi realizado o primeiro teste de vôo, quando o avião chegou a voar 500 horas. O projeto acabou sendo interrompido, devido ao término do Governo Militar, ao aumento da inflação, ao plano cruzado e à desvalorização do álcool frente à baixa do preço do petróleo (JORNAL CANA, 2005).

De acordo com informações fornecidas pelo Gerente de Projetos do Motor Aeronáutico a Álcool e Chefe da Seção de Ensaios do CTA, o Engenheiro Paulo Sérgio Ewald¹³⁹, o processo de abertura econômica, em meados de 1990, criou as bases para a retomada das pesquisas. Em 2002, a Indústria Aeronáutica Neiva – subsidiária da empresa Embraer – procurou o CTA, demonstrando interesse em desenvolver motor a álcool para seu avião agrícola Ipanema, originalmente movido a gasolina de aviação.

Após todos os ensaios, a empresa obteve a certificação de seu motor, entre 2004 e 2005. O Ipanema foi, então, desenvolvido com base em projeto do CTA, passando a representar o primeiro

¹³⁸ Mais informações em <<http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/café/overview.htm>>, acesso em 12/03/2008.

¹³⁹ Entrevista concedida em 27/08/2007.

avião produzido em série, saindo da fábrica certificado para voar com motor a álcool, o mesmo utilizado nos carros¹⁴⁰.

De acordo com o Gerente Comercial da Neiva, Luiz Fabiano Zacarelli, o Ipanema a álcool oferece maior produtividade com menor custo, chegando à economia operacional de 20%, além de reduzir custos de manutenção do motor, uma vez que sua tecnologia permite a ocorrência de menor desgaste, aumentando o intervalo entre as revisões¹⁴¹. Diante dessas vantagens, já em 2005 a Neiva havia recebido mais de 130 pedidos de conversão de aeronaves, de gasolina para álcool e o Ipanema recebeu dois prêmios devido ao seu caráter inovador: o Troféu Ouro do "Prêmio Gerdau Melhores da Terra" e o "Prêmio da Indústria Aeronáutica" no Salão Aeronáutico de Paris (JORNAL CANA, 2005). Mais uma inovação está em curso, dado o início das pesquisas para desenvolvimento de motor *flex* para avião de pequeno porte, uma parceria entre CTA e a empresa Magnetti Marelli¹⁴².

Em 2005, o CTA iniciou testes para certificar o T-25, que virá a ser o primeiro avião militar a álcool do mundo. Segundo Paulo Ewald, Gerente de Projetos do Motor Aeronáutico a Álcool e Chefe da Seção de Ensaio do Centro, devido à falta de apoio institucional, o ritmo das pesquisas foi novamente reduzido. De acordo com os primeiros testes realizados, o motor estava perfeito, mas o sistema de aquisição de dados não estava bom e em 2006 concentraram as pesquisas nesse tema. A expectativa do CTA é de mobilizar a Força Aérea Brasileira (FAB) para a importância estratégica do projeto e para a necessidade de sua implantação em curto horizonte de tempo, uma vez que a

¹⁴⁰ Vale salientar que as especificações técnicas desse combustível são exatamente as mesmas daquele utilizado em motores de automóveis. A ANP sugeriu o estabelecimento de uma especificação específica para o álcool hidratado a ser utilizado na aviação, mas dado que o avião já havia sido homologado para o álcool hidratado existente, não houve interesse em tal mudança, o que levanta uma certa apreensão da Agência, preocupada com o manuseio do combustível no setor de aviação (informações fornecidas por Cristina Nascimento, da ANP, em entrevista concedida em 18/04/2008).

¹⁴¹ Segundo dados da empresa, considerando uma frota de 600 aviões Ipanema, o motor a álcool apresenta, ainda, as seguintes vantagens: (i) elimina demanda de 16,8 milhões de litros de gasolina de aviação por ano; (ii) gera demanda de 21,6 milhões de litros de álcool por ano; (iii) gera redução de US\$13,5 milhões por ano no custo operacional da frota de aviões Ipanema. Disponível em <<http://www.aeroneiva.com.br>>, acesso em 04/01/2007.

¹⁴² Informações fornecidas por Paulo Ewald, Gerente de Projetos do Motor Aeronáutico a Álcool e Chefe da Seção de Ensaio do CTA (entrevista concedida em 27/08/2007).

conversão dos aviões T-25 da frota brasileira para álcool poderia gerar economia entre R\$ 1 e 2 milhões/ano, segundo estimativas de Paulo Ewald.

Ainda segundo o Engenheiro, o caráter estratégico da mudança é ainda mais premente diante da existência de apenas uma refinaria de gasolina de aviação no Brasil – a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão. Qualquer problema de oferta, portanto, deve-se recorrer à importação, ao contrário do álcool, produzido nacionalmente.

Outros segmentos do setor de transporte vêm se interessando pelo combustível, como é o caso do recente lançamento do ônibus movido a etanol, que entrou em operação na capital paulista ao final de 2007, onde vai circular durante um ano. O veículo faz parte do Projeto BEST (*BioEthanol for Sustainable Transport* ou Bioetanol para o Transporte Sustentável)¹⁴³, que conta entre seus parceiros com a UNICA, a empresa sueca BAFF/Sekab, a Copersucar, a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP), a São Paulo Transportes (SPTrans), além das empresas Marcopolo, Petrobras e Scania, com incentivo da União Européia¹⁴⁴.

Além dessa, diversas outras inovações tecnológicas vêm sendo introduzidas, como fruto dos efeitos de transbordamento da agroindústria canavieira. Aspecto importante que deve ser mencionado refere-se às possibilidades apresentadas pela sacarose que, de acordo com Macedo (2005; 2007), são bem maiores que as atualmente implementadas. Produzida em mais de 80 países (cerca de 200 milhões de toneladas ao ano), seu custo de produção é relativamente baixo, notadamente no Brasil. Por ser uma matéria-prima muito versátil, segundo o autor, a sacarose pode agir como base para vários ‘blocos’ construtivos de moléculas de interesse. Ademais, seus derivados

¹⁴³ Mais informações sobre o projeto podem ser obtidas em <<http://www.best-europe.org>>, acesso em 12/03/2008.

¹⁴⁴ O investimento é da ordem de R\$ 1,6 milhão. O Projeto BEST é um programa internacional coordenado no Brasil pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio), com o objetivo de sensibilizar o mundo sobre a importância do uso do etanol no transporte público, que reduz em até 90% a emissão de material particulado lançado na atmosfera. O Brasil é o primeiro país das Américas a ter ônibus movido a etanol em circulação pelo BEST, incentivado pela União Européia. Outras oito cidades da Europa e Ásia participam do programa. Disponível em <<http://www.cenbio.org.br/pt/index.html>>, acesso em 05/01/2008.

podem apresentar menores impactos ambientais que petroquímicos¹⁴⁵. É nessa linha que, recentemente, a Copersucar implantou a primeira fábrica de plástico biodegradável (PHB) a partir do açúcar, inovação com forte apelo ambiental.

É notória, ainda, a possibilidade de retomada da álcoolquímica, cujo desenvolvimento foi paralisado na década de 1980, devido à elevação dos custos relativos do etanol. Segundo Macedo (2005), trata-se de processos amplamente conhecidos, sem maior complexidade, cujas tecnologias já são dominadas no país¹⁴⁶.

Para o futuro, pesquisas apontam para um novo papel para o etanol, que poderá representar o combustível de transição para as células de hidrogênio¹⁴⁷. Segundo Nastari (FAIRBANKS, 2006), dada a importância estratégica do tema, o governo norte-americano decidiu injetar recursos financeiros em seu *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), cujas pesquisas prometem consolidar processo de conversão de qualquer fonte de celulose em etanol dentro de um prazo de quinze anos.

É nesse contexto que Macedo (2007, p. 83) sustenta que, apesar de a produção do etanol no Brasil ter atingido um estágio ‘maduro’, há ainda espaço para avanços graduais sobre as tecnologias em uso, além da obtenção de ganhos com o advento de novas tecnologias ainda em desenvolvimento.

Os exemplos de inovações tecnológicas introduzidas pelos diferentes setores que compõem ou se relacionam à indústria brasileira de etanol combustível foram responsáveis pela construção de vantagens competitivas que permitiram à indústria posicionamento de liderança. Aspectos referentes

¹⁴⁵ Podendo gerar produtos das seguintes categorias: edulcorantes, polióis, solventes, plásticos biodegradáveis, aminoácidos e vitaminas, polissacarídeos, ácidos orgânicos, enzimas, leveduras e ésteres.

¹⁴⁶ Merecem destaque produtos importantes como: polietileno; cloretos de polivinila e etila; etilenoglicol; acetaldeído; ácido acético e cloroacético; acetatos de etila, vinila, polivinila e celulose; anidrido acético e butadieno; butadieno; acetona; n-Butanol; éter etílico e acetato; acrilato; cloreto e éter vinil-etílico.

¹⁴⁷ Sobre tais iniciativas no país, cabe ressaltar que, em 2002, o MCT lançou o ‘Programa Brasileiro de Hidrogênio e Sistemas Células a Combustível’ (Procac), com o objetivo de promover ações integradas e cooperadas, voltadas ao desenvolvimento nacional da tecnologia de hidrogênio e de sistemas célula a combustível, habilitando o país a se tornar um produtor internacionalmente competitivo nesta área. Em 2005 o Procac passou a denominar-se Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5118.html>>, acesso em 009/05/2008).

à evolução de sua competitividade, bem como os principais desafios que o setor enfrenta na manutenção dessa competitividade compõem o aspecto central da próxima seção.

5.4 Competitividade da indústria nacional de etanol combustível

Alguns aspectos devem ser destacados no que se refere ao histórico da produção nacional de etanol combustível. Em primeiro lugar, cabe ressaltar que essa produção esteve sempre atrelada a interesses nacionais, em três diferentes dimensões. Seja devido a aspectos técnicos, relacionados à economia da energia; seja a questões econômicas, de acordo com crises internacionais e a necessidade de redução de dependência de combustíveis importados; ou políticas, dada a força exercida pelos dirigentes do setor, conforme já debatido no Capítulo 4.

Essencialmente, aumentos na produção da indústria eram obtidos exclusivamente via expansão extensiva, com ganhos de competitividade via subsídios governamentais, bem como de maior exploração de recursos naturais e humanos, por meio do pagamento de salários baixos. Dito de outra forma, utilizando-se concepção proposta por Fajnzylber (1988), defende-se que os avanços no setor foram dados, inicialmente, com base em fontes ‘fáceis’ de geração de divisas, sustentada na construção de vantagens comparativas.

Um importante exemplo dessas fontes fáceis de geração de divisas foi a introdução, nos idos da década de 1960 da queimada, como técnica para colheita mais eficiente da produção. De fato, a partir de então foi registrado crescimento na produtividade do corte de cana da ordem de até 100%, devido à redução do número de obstáculos encontrados pelo cortador em sua jornada, tal como as folhas da cana (altamente cortantes), capins, animais peçonhentos, etc. (PAIXÃO, 1996). Essa técnica, a despeito do aumento da produtividade, transformou-se, rapidamente, num dos efeitos mais

prejudiciais da produção de cana-de-açúcar, por introduzir problemas de ordem ambiental, social e da saúde humana (ver seção 4.4).

Conforme suscitado ao longo do Capítulo, aprimoramentos tecnológicos foram sendo registrados pelo setor. Entretanto, conforme ressaltam Belik e Vian (2002, p. 69) o estágio em que se encontrava, no início dos anos 1990, o que denominam de ‘Complexo Canavieiro Nacional’ incluía produção agrícola e fabril sob controle das usinas, heterogeneidade produtiva (especialmente na industrialização da cana), baixo aproveitamento de subprodutos, competitividade fundamentada, em grande medida, em baixos salários e expansão extensiva da produção – características herdadas da longa fase de planejamento e controle estatal.

A posição de destaque adquirida pela agroindústria canavieira mais recentemente só foi possível, portanto, diante da introdução, pelo setor, de aspectos mais dinâmicos¹⁴⁸, o que, de acordo com Shikida, Neves e Rezende (2002, p. 121), registra uma mudança de paradigma – de subvencionista para tecnológico. Nas palavras dos autores:

“(...) muitas empresas têm atentado para novas estratégias em nome da sobrevivência setorial e de maior competitividade. O uso de avançadas tecnologias agrícolas, industriais e novas formas de gestão evidencia a preocupação em reduzir custos, enquanto o aproveitamento econômico dos subprodutos derivados da cana é cada vez mais intensificado”.

Vale ressaltar, entretanto, que tais avanços não significam o abandono da utilização das ‘fontes fáceis de divisas’ (baixos salários, uso da queimada), mas, antes, que o moderno e o arcaico passaram a conviver de modo a gerar significativos efeitos positivos sobre a competitividade registrada pelo setor. Tal convivência permitiu que, ao final da década, após a consolidação do processo de desregulamentação do setor, algumas tendências pudessem ser observadas como:

¹⁴⁸ Shikida, Neves e Rezende (2002) citam exemplos: 1) a utilização de diferentes recursos para automação industrial para diferentes áreas (moendas, tratamento de caldo, cozedores, centrífugas, peneiras, caldeiras, separadores de fermento, esteira de transporte de bagaço), cujas melhorias resultaram em maior estabilidade, precisão e segurança do processo e na eficiência da produção; 2) intensificação de manutenções e utilização de ferramentas gerenciais, como PDCA e 5S.

concentração de capitais, via fusões e aquisições, incluindo capital estrangeiro¹⁴⁹; presença de elementos de cooperação, especialmente para comercialização; cooperação horizontal e vertical também para a criação de parâmetros de qualidade e de especificações técnicas dos novos produtos lançados (BELIK e VIAN, 2002; SHIKIDA, NEVES e REZENDE, 2002).

Tal evolução permitiu que a agroindústria canavieira colocasse o país na marca de maior exportador mundial de etanol combustível, registrando, em 2007, crescimento de mais de 160 vezes frente ao patamar de 1989. Vale ressaltar, conforme pode ser visto na Tabela 5.1, que o expressivo crescimento foi calcado não apenas no aumento do preço do produto, mas também no volume exportado (independente da unidade utilizada – kg líquido ou litro).

Tabela 5.1 – Exportações brasileiras de etanol (1989-2007)

ANO	US\$ FOB	VOLUME (kg líquido)	VOLUME (litros)	PREÇO MÉDIO US\$ / litro
1989	9.188	31.211	39.013	0,24
1990	7.407	29.772	37.215	0,20
1991	2.276	7.111	8.888	0,26
1992	55.911	166.717	208.397	0,27
1993	78.534	213.088	266.359	0,29
1994	88.294	234.590	293.238	0,30
1995	106.919	256.065	320.081	0,33
1996	95.420	209.046	261.308	0,37
1997	54.129	117.275	146.594	0,37
1998	35.520	94.346	117.926	0,30
1999	65.849	325.776	407.220	0,16
2000	34.786	181.806	227.258	0,15
2001	92.146	276.540	345.675	0,27
2002	169.153	607.213	759.017	0,22
2003	157.962	605.900	656.308	0,24
2004	497.740	1.926.634	2.321.410	0,21
2005	765.529	2.080.494	2.592.293	0,30
2006	1.604.730	2.733.244	3.428.862	0,47
2007	1.477.646	N/D	3.532.667	0,42

N/D – não disponível

Fonte: Adaptado de COSTA (2007) e MDIC (2008).

¹⁴⁹ Até 2001 foram registradas ao menos 24 transações de fusões e aquisições no país, sendo os principais condutores do processo os Grupos Cosan, J. Pessoa e Coimbra/Dreyfus (SHIKIDA, NEVES e REZENDE, 2002).

Outros dados chamam atenção, como a liderança da indústria brasileira de equipamentos para cana, açúcar e etanol, em que o maior fabricante sozinho produz 726 unidades de destilaria, 106 plantas completas, 112 plantas de co-geração e 1.200 boilers (incluindo unidades de exportação) (MACEDO, 2005). Ademais, segundo dados fornecidos em Procana (2004), cerca de 150 empresas do setor no Brasil fornecem tecnologia ao exterior via exportação.

A cidade de Sertãozinho, no interior paulista, por exemplo, com pouco mais de 100 mil habitantes vem sendo apelidada de ‘Vale do Silício’ do etanol, dada a presença de cerca de 500 empresas – 90% das quais voltadas para o fornecimento dos mais variados bens de capital para o setor – além da realização dos dois maiores eventos mundiais da área – a Feira Internacional da Indústria Sucroalcooleira (Fenasucro) e a Feira de Negócios e Tecnologia da Agricultura da Cana-de-Açúcar (Agrocana) (PORTAL EXAME, 2007).

Toda essa liderança vem atraindo pesados investimentos de diversos grupos internacionais, interessados em aproveitar as vantagens apresentadas no Brasil para a produção e exportação de etanol combustível. A título de exemplo vale mencionar que a maior usina de álcool do país – a Cevasa, em São Paulo – é controlada pela americana Cargill Agrícola¹⁵⁰. Dessa forma torna-se explícito um importante aspecto da competitividade da indústria brasileira de etanol combustível, qual seja seu posicionamento estratégico como base de competidores internacionais bem-sucedidos e de tantos líderes mundiais, seguindo argumentos sustentados por Porter (1989) – ver seção 1.4.

A despeito desse feito, significativos entraves precisam ainda ser equacionados. Em relação àqueles relacionados às especificações técnicas para o produto, que envolve robustos investimentos em P&D, a discussão é ampla e será objeto de análise do Capítulo 6. Outro fator, também intensivo em P&D e em inovação tecnológica está relacionado à deficiente logística de transporte para o produto.

¹⁵⁰ Jornal O Globo, de 08/03/2007 (p. 14).

A Petrobrás vem atuando fortemente na tentativa de superar este entrave, por meio da estruturação e desenvolvimento do Plano Diretor de Infra-Estrutura para Exportação de Etanol (PDIEE). A empresa anunciou, em maio de 2007, estratégia inovadora que conta com a construção do Álcoolduto Senador Canedo-São Sebastião, o primeiro no mundo¹⁵¹.

Um dos pontos mais importantes associados ao desenvolvimento do álcoolduto é aquele referente ao estudo dos aspectos envolvidos na garantia de que o etanol transportado atenda às especificações exigidas pelos mercados compradores – ou seja, é mais um fator influenciado pelos avanços a serem obtidos no campo da metrologia e da padronização técnica. Tal estudo vem sendo desenvolvido pelo Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES), englobando a especificação do material e do modelo de teto de cada tanque, além da definição de critérios para evitar a corrosão do duto e a contaminação do produto, aspectos envolvidos no denominado Programa Tecnológico de Transporte (Protran)¹⁵².

Além dos entraves logísticos, devem ser ressaltados aqueles de conotação política. A despeito do discurso que vem sendo propagado em âmbito internacional em favor da utilização de fontes alternativas de energia, especialmente aquelas de cunho renovável, ainda permanecem ressalvas com relação à ampla defesa do etanol combustível como substituto ao uso de combustíveis fósseis. Por um lado, essas restrições resultam da dúvida acerca dos benefícios advindos dessa troca, resultantes da preocupação com os impactos sócio-ambientais das lavouras de cana-de-açúcar (matéria-prima que atualmente se mostra mais vantajosa para a produção do etanol combustível) – ver seção 4.4.

Por outro lado, é hipótese do presente trabalho que tais ressalvas ensejam estratégias políticas e econômicas, dado o caráter fundamental da matriz energética num dado país. Até porque nenhum

¹⁵¹ Representando um investimento de cerca de R\$ 4 bilhões, o duto deverá escoar o álcool produzido na Região Centro-Oeste do país, principalmente de Goiás e do Triângulo Mineiro para o porto de São Sebastião, no litoral paulista, para ser exportado.

¹⁵² Petrobrás Magazine, ed. 52, disponível em <http://www2.petrobras.com.br/atuacaointernacional/petrobrasmagazine/pm52/port/frmset_etanol_2.html>, acesso em 06/11/2007.

desses compradores realiza qualquer tipo de exigência de cunho sócio-ambiental à importação de petróleo. É nesse contexto que se percebe uma certa delonga na adoção de políticas pró-importação de etanol combustível por parte dos principais atores em nível global, que vêm, em paralelo, buscando desenvolver políticas que dêem preferência à produção doméstica de fontes alternativas de energia.

O governo brasileiro, um dos maiores interessados na evolução do mercado internacional de biocombustíveis, dado seu histórico com o Proálcool e sua liderança tecnológica e econômica em etanol combustível, vem atuando em diversas frentes. Dentre estas, está a atuação no âmbito da OMC. Na sessão especial do Comitê sobre Comércio e Meio-ambiente¹⁵³, ocorrida em novembro de 2007, o Brasil apresentou proposta de incluir biocombustíveis – além de produtos da agricultura orgânica – na lista de ‘bens ambientais’, categoria de produtos que possui, internacionalmente, condição mais favorável para sua comercialização.

A proposta brasileira foi apoiada por países como Chile, Colômbia e Singapura, enquanto que outros países, como União Européia, EUA, Japão e Austrália mantiveram suas ressalvas com relação à proposta de inclusão de bens agrícolas na categoria de bens ambientais – tradicionalmente compostos apenas por bens industrializados. De fato, a proposta brasileira representa abordagem inovadora ao tratamento do tema, o que poderia trazer imensos benefícios a países em desenvolvimento¹⁵⁴.

A estratégia acima descrita visa alterar a política de aplicação de tarifas ao etanol combustível, que vêm se mantendo, em importantes mercados como EUA, Japão e UE, em patamares elevados, ao contrário do ocorrido com petróleo, produto livre de tarifa nos principais mercados.

¹⁵³ Disponível em <http://www.wto.org/english/news_e/news07_e/envir_nov07_e.htm>, acesso em 09/11/2007.

¹⁵⁴ As restrições de países desenvolvidos em tratar a proposta brasileira revelam mais um aspecto das históricas dificuldades que abarcam o tema facilitação de comércio, quando esta se aplica à agricultura.

A UE recentemente sugeriu ao governo brasileiro a assinatura de um acordo bilateral para etanol – e outros biocombustíveis – com critérios sociais e ambientais¹⁵⁵. A proposta européia se assemelha ao processo que atualmente é enfrentado por exportadores brasileiros de carne bovina, que consiste na visita de missão européia para monitorar a produção, e certificar que esta ocorre em atendimento aos requisitos estabelecidos – todo o ônus envolvido no processo estaria a cargo do exportador. O governo brasileiro, entretanto, não pretende estabelecer tal acordo, e sustenta posicionamento de que entendimentos que digam respeito ao tema devem ser feitos entre importadores e exportadores. Compromisso como política de governo o país só está disposto a discutir no âmbito multilateral, da OMC¹⁵⁶.

Com relação aos EUA, vêm sendo introduzidas modificações em sua legislação energética, estabelecendo metas de aumento do uso do etanol combustível como aditivo na gasolina, a exemplo do caso brasileiro¹⁵⁷. O estímulo à produção de etanol combustível no país fez com que os EUA ultrapassassem o Brasil, em 2005, tornando-se o maior produtor mundial nessa categoria.

Mesmo atingindo tal patamar, é importante notar que os EUA ainda não são capazes de garantir sua auto-suficiência, o que coloca o país na condição de importante mercado importador. Entretanto, em seu mercado, a única importação livre de tarifa é aquela advinda de países do Caribe e da América Central, limitada a um teto de 7% do consumo total americano. Sobre importações

¹⁵⁵ Critérios como a exigência de que o cultivo seja realizado em área desmatada e de que o grau de emissão de CO₂ seja 30% inferior ao da gasolina.

¹⁵⁶ Jornal O Globo, 10/05/2008, p. 36.

¹⁵⁷ Em 2006, pela primeira vez, passou a ser obrigatório que 2,78% do volume total de combustíveis consumidos nos EUA fossem oriundos de fontes renováveis – o que aumentou o consumo de álcool para 4 bilhões de galões (1 galão ≈ 3,78 litros). Diante de tais medidas, calcula-se que ocorra elevação de 90% no consumo de álcool combustível no país nos próximos seis anos, atingindo-se, em 2012, patamar de 7,5 bilhões de galões consumidos. Portal Ripa. Disponível em:

<http://www.ripa.com.br/index.php?id=814&tx_ttnews%5Btt_news%5D=288&tx_ttnews%5BbackPid%5D=1081&cHash=5d6dc34d9d>, acesso em 28/08/2006.

advindas de outras regiões incide tarifa de US\$ 0,54 por galão,¹⁵⁸ o que faz com que algumas empresas brasileiras invistam em unidades no Caribe, no intuito de superarem tais barreiras.

O produtor norte-americano recebe ainda isenção tributária, além de créditos tributários estaduais ou específicos para pequenos produtores e subsídios específicos para o milho, o que compromete a competitividade dos exportadores brasileiros, ainda que o combustível nacional, produzido a partir da cana, custe cerca de 40% menos¹⁵⁹.

No início de 2006, os EUA propuseram ao Brasil a formação de aliança estratégica para criar um mercado comum de cerca de 60 bilhões de litros para os próximos oito anos para álcool combustível nas Américas¹⁶⁰. A aliança proposta pelos EUA perpassa a estratégia de transformar o etanol combustível em *commodity* internacional¹⁶¹.

Entretanto, importante ponto a ser equacionado é a garantia do fornecimento do etanol combustível, pois, sendo o Brasil, atualmente, o principal e praticamente único exportador do produto, suscitam-se dúvidas com relação à capacidade de suprir o mercado consumidor, já que os países têm receio de tornarem-se dependentes da produção advinda de poucos produtores, que poderiam até mesmo atuar de forma semelhante ao cartel da OPEP.

¹⁵⁸ Nos EUA está prevista a extensão da incidência dessa tarifa por mais dois anos, na sua denominada nova Lei Agrícola. Caso essa mudança se concretize, o Brasil estuda a possibilidade de apresentar uma queixa contra os EUA na OMC (JORNAL O GLOBO, 10/05/2008, p. 36).

¹⁵⁹ Vale ressaltar que os níveis de produtividade das duas matérias primas são bem diferentes. Enquanto a produção americana de álcool combustível a partir do milho não alcança balanço energético maior que 1,2 – ou seja, a energia do álcool de milho é apenas 20% maior que aquela consumida para sua fabricação, no Brasil, em contraste, o balanço energético para o álcool proveniente da cana-de-açúcar é maior que 8, ou seja, 700% a mais que a energia consumida (MORAES, 2007).

¹⁶⁰ Nos países da América do Sul e Central já é possível perceber crescente movimento para a produção de etanol como combustível. Países como Guatemala, Venezuela, Colômbia já iniciaram programas neste sentido. Jornal Valor Econômico.

Disponível em:

<<http://www.valoronline.com.br/valoronline/Geral/brasil/87/EUA+querem+fazer+alianca+com+o+Brasil+para+o+alcool,,87,3862362.html>>, acesso em 28/08/2006.

¹⁶¹ Vale ressaltar que os primeiros passos que permitiram o lançamento de um mercado internacional para o etanol foram dados quando, em maio de 2004, contratos futuros para o produto começaram a ser negociados na *New York Board of Trade* (Nybot), mercado de negociação específico para *commodities* em Nova Iorque, onde são definidas cotações e também especificações dos produtos negociados, dentre os quais se encontra o etanol.

Uma estratégia que vem sendo buscada nesse sentido especificamente pelo governo brasileiro – além da aliança firmada com os EUA para o tema – é a intensificação da transferência de tecnologia por parte do Brasil para outros países interessados em produzir etanol combustível. Nesta direção, a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX), em conjunto com o APLA, realizou missão à América Central, quando foi possível vender máquinas, equipamentos, e plantas produtivas¹⁶².

Nesse sentido, além do forte interesse brasileiro em transferir tecnologia para outros países, estratégias vêm sendo traçadas com relação a outro ponto delicado para a transformação do etanol combustível em *commodity*, qual seja a ausência de especificações técnicas padronizadas em nível internacional para o produto, tema a ser tratado no Capítulo 6.

5.5 Conclusão

Como pôde ser observado ao longo da discussão conduzida no presente Capítulo, a análise sobre a indústria de etanol combustível ilustra caso em que o Brasil, ainda que conste em nível inferior de desenvolvimento, obteve sucesso na construção de um SI específico para o produto, de acordo com seus interesses e peculiaridades. Vale ressaltar que, no início de tal construção, que remonta à década de 1970, inexistia uma estratégia clara de montagem de um SI, mas a importância da formulação de políticas públicas para o setor permitiu a construção das bases sobre as quais o atual SI para etanol combustível pôde se apoiar.

¹⁶² Novas missões ao exterior devem ser organizadas em um futuro próximo, segundo informações fornecidas por Catarina Pezzo, Coordenadora de Projetos do Pólo Nacional de Biocombustíveis (entrevista realizada em 31/01/2007).

Conforme apresentado, a dinâmica de acumulação tecnológica da indústria pode ser classificada, com base na metodologia de Bell e Pavitt (1993), como essencialmente ‘dominada pelo fornecedor’ – ainda que apresente características de firmas intensivas em escala e de base científica –, uma vez que a maioria das inovações introduzidas em seu processo produtivo advém de fornecedores de matéria-prima, de insumos e de bens de capital.

É dessa forma que, ainda que, inicialmente, a evolução da indústria de etanol combustível tenha sido calcada em vantagens comparativas, foi apenas por meio de intensivo investimento em P&D e em inovação que se pôde atingir níveis elevados de competitividade no mercado internacional, especialmente num contexto pós-desregulamentação.

Destaque deve ser concedido ao papel do Estado para a construção da competitividade dinâmica da indústria de etanol combustível, calcada na geração de inovações, bem como na difusão das mesmas. Em primeiro, a partir dos subsídios concedidos pelo Estado, durante o estágio de ‘indústria nascente’ desse setor e, em segundo, por ter sido o próprio Estado responsável por investimentos que mais tarde foram traduzidos em inovação, e, portanto, de natureza indutora – seja via programas de melhoramento de variedades de cana-de-açúcar, seja via pesquisa tecnológica, como no caso do desenvolvimento do motor a álcool, pelo CTA.

Ademais, alguns exemplos de sua atuação na criação de oportunidades para a atividade inovadora da agroindústria – enquanto definidor de marcos regulatórios – podem ser mencionados, como por exemplo: sua atuação na legislação sobre co-geração de energia que permitiu a introdução de diversos avanços tecnológicos por parte da indústria de bens de capital; e a atuação da ANP exigindo adição de corante laranja no álcool anidro, o que levou fornecedores de insumos químicos a também inovarem (maior aprofundamento sobre tais questões será fornecido no próximo Capítulo).

Restam ainda algumas críticas, como a falta de clareza institucional quanto à legislação sobre co-geração de energia e a falta de investimentos em pesquisa, como aquela voltada ao

desenvolvimento do primeiro avião militar movido a etanol combustível, importante inovação que poderia ser adicionada aos casos de sucesso da agroindústria canavieira.

A defasagem do país no que se refere aos investimentos dedicados à pesquisa é também notória. No intuito de superar esse entrave, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) está criando, em Campinas, o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), dedicado exclusivamente ao desenvolvimento tecnológico do etanol, com a previsão de investimentos da ordem de R\$ 150 milhões nos próximos cinco anos¹⁶³. Entretanto, ainda falta muito para uma equiparação aos EUA, que investem cerca de US\$ 1,5 bilhões, especialmente voltados ao desenvolvimento do etanol de celulose – segunda geração. Vultosos investimentos são necessários ao desenvolvimento da terceira geração de etanol – produzido a partir de biomassa gaseificada e de reações de síntese para produção de combustíveis líquidos¹⁶⁴. Seria necessário, portanto, que o país investisse cerca de quinze vezes mais para manter sua liderança tecnológica¹⁶⁵.

Uma terceira crítica refere-se à falha do Estado em atuar nos investimentos necessários à construção de um importante mecanismo de indução da atividade inovadora – conforme discutido na Parte I da tese, qual seja aquele relacionado à metrologia, em seu ramo científico. Essa estratégia só passou a fazer parte da política pública para o setor recentemente, de forma mais sólida a partir de 2006. Apesar de tardiamente, infere-se que os esforços que vêm sendo empreendidos a partir de então são de importância estratégica para sustentabilidade da competitividade da indústria de etanol combustível.

¹⁶³ O projeto é fruto de estudo iniciado em 2005 pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), por encomenda do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e está sendo coordenado pelo físico Rogério Cerqueira Leite. (Disponível em <<http://www.estado.com.br/editorias/2008/03/30/ger-1.93.7.20080330.5.1.xml>>, acesso em 09/05/2008).

¹⁶⁴ Disponível em <<http://www.inovacao.unicamp.br/report/noticias/index.php?cod=127>>, acesso em 15/05/2008.

¹⁶⁵ Segundo informações do especialista Luiz Augusto Horta Nogueira (VEJA, 2008).

Essas e outras questões relacionadas compõem a base do Capítulo 6, que procurará demonstrar a importância do processo de padronização técnica e de fornecimento de avanços no campo da metrologia para o SNI, utilizando estudo de caso da infra-estrutura dedicada especialmente às demandas da indústria de etanol combustível no país.

CAPÍTULO 6: METROLOGIA E PADRONIZAÇÃO TÉCNICA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ETANOL COMBUSTÍVEL

6.1 Introdução

Este capítulo é dedicado a uma discussão aprofundada sobre a influência e as implicações da metrologia e da padronização técnica na indústria brasileira de etanol combustível. As considerações do Capítulo refletem, essencialmente, as evidências coletadas durante a condução do estudo de caso.

O papel estratégico exercido pela metrologia e pela padronização técnica fica mais evidente ao se debater a iniciativa de transformação do etanol combustível em *commodity* internacional, ambicionada por seus produtores, em busca de maior competitividade¹⁶⁶. Para o sucesso dessa iniciativa, alguns desafios devem ser superados, como a criação de número significativo de fornecedores do produto, com o intuito primordial de evitar crises de abastecimento, bem como o estabelecimento de padrões técnicos para o produto, para que este possa ser comercializado de acordo com requisitos claros de qualidade, incluindo aspectos relacionados à segurança de consumidores.

A importância desse segundo desafio torna-se mais visível diante da seguinte contribuição de Swann (1999), que afirma:

“Padrões de qualidade mínima ou de discriminação da qualidade podem – mais geralmente – reduzir o que economistas chamam de custos de transação. Se o padrão define o produto de modo que reduza a incerteza do comprador, então o risco do comprador é reduzido e há menor necessidade de que o comprador gaste tempo e dinheiro avaliando o produto antes da compra. Considere um mercado de *commodity*, por exemplo: como poderia este mercado existir na ausência de padrões? Negociantes devem ser capazes de comprar e vender elevados volumes sem ao menos ver suas mercadorias. Isso só é possível se existir confiança completa sobre o que está sendo transacionado, o que presume um grau de padronização claramente definido, bem

¹⁶⁶ Vale ressaltar que a ênfase da discussão sobre padronização técnica do produto em âmbito internacional recai sobre o álcool anidro, por ser o mais utilizado em outros países que não possuem, ainda, experiência no uso do álcool hidratado para fins de combustível (informação fornecida por José Felix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar, em entrevista concedida em 29/04/2008).

como a certificação de que todo produto transacionado atenda àquele grau” (p. 14, tradução nossa).

Fica clara, a partir da passagem acima, a importância da existência de padrões que propiciem a necessária confiança às transações realizadas num mercado de *commodity*. É, então, justamente diante da estratégia de elevar o etanol combustível ao *status* de *commodity* internacional que a relevância de padrões bem definidos torna-se ainda mais premente. É, mais especificamente, a partir de análise aprofundada sobre este desafio, que se poderá entender melhor as implicações da metrologia e da padronização técnica sobre a competitividade de uma dada indústria, com efeitos diretos sobre sua capacidade inovadora.

Para discutir tais questões, será inicialmente apresentada a visão da indústria brasileira sobre as diferentes especificações técnicas existentes para etanol combustível, bem como evidências de dificuldades enfrentadas no atendimento a essas especificações no mercado internacional.

Em seguida, parte-se para uma análise sobre o atual estado da arte com relação aos aspectos envolvidos na padronização técnica do produto no país, mostrando sua evolução, bem como a necessidade de investimentos em P&D para empreender a estratégia de desenvolvimento do material de referência certificado (MRC), ou o padrão, para etanol combustível. Para tanto, dois níveis de análise serão utilizados, de forma complementar – o nacional e o internacional. Com relação ao primeiro, ênfase será concedida aos principais atores envolvidos na estratégia de padronização técnica do etanol combustível, com destaque para as atividades desenvolvidas pela agência reguladora do setor – a ANP – e pelo instituto nacional de metrologia brasileiro – o Inmetro – que procura avançar pioneiramente no desenvolvimento do MRC para o produto. O segundo nível analítico está voltado ao ambiente externo, que congrega diversos elementos cooperativos com vistas a conceder maior competitividade ao etanol combustível, no intuito de avaliar as iniciativas inseridas na promoção da ‘*comoditização*’ do produto no mercado internacional.

6.2 Disparidades nas especificações técnicas internacionais e obstáculos ao comércio: a visão da indústria

Em 2004, o engenheiro químico Jaime Lacerda de Almeida, considerado um dos maiores especialistas em etanol no mundo, declarou que o Brasil ocupa posição privilegiada com a existência de diversas unidades de produção com condições técnicas para a produção de álcoois especiais: “O Brasil tem condições de produzir álcool de qualquer especificação e atender as exigências de qualquer país” (PROCANA, 2004). Entretanto, desde então, ainda que tenha decorrido curto período de tempo, o mercado de etanol combustível passou por um verdadeiro *boom*, a partir de quando algumas dificuldades derivadas de exigências técnicas impostas por mercados compradores passaram a ser percebidas.

É dessa forma que, atualmente, segundo informações fornecidas pelo Secretário de Indústria e Comércio de Piracicaba e Presidente do APLA, Luciano Santos Tavares de Almeida¹⁶⁷, os mercados importadores, na ausência de um padrão internacional para o produto, ao realizarem suas encomendas, exigem que o produto atenda a especificações técnicas a que creditam credibilidade. É dessa forma que, na ausência de padrão para o produto, a indústria muitas vezes se depara com pedido de atendimento a especificações denominadas “Tipo Japão”, “Tipo Coréia”¹⁶⁸ ou “Tipo Dreyfus”¹⁶⁹, mercados tradicionalmente exigentes.

¹⁶⁷ Entrevista concedida em 01/02/2007.

¹⁶⁸ Os padrões exigidos por Japão e Coréia devem ser produzidos por encomenda, já que apenas as especificações da ANP não são suficientes para atendê-los, conforme informações fornecidas por Wokimar Teixeira Garcia, Pesquisador do CTC (entrevista concedida em 01/02/2007).

¹⁶⁹ O Grupo Louis Dreyfus é uma organização internacional de empresas cujas principais atividades consistem no comércio e processamento mundial de diversas *commodities* agrícolas e de energia. Ver: <<http://www.louisdreyfus.com/>>, acesso em 09/11/2007.

Ainda de acordo com Luciano Almeida, o mundo tem caminhado para uma situação em que mercados compradores vêm exigindo especificações técnicas mais rígidas que aquelas que seriam necessárias para etanol combustível. Isso ocorre porque, em sua maioria, segundo ele, as exigências técnicas baseiam-se em especificações existentes para outros tipos de álcool – para uso farmacêutico e alimentício, especialmente. O interesse da indústria no que diz respeito à criação de uma especificação padrão em nível internacional, afirmou, é evitar que seja criado um padrão técnico muito restritivo (por exemplo, caso fosse baseado em uma matéria-prima específica, como milho, beterraba ou cana-de-açúcar), e sim trabalhar para a criação de um padrão mais abrangente, que beneficie todos os produtores, independentemente da matéria-prima utilizada.

O atendimento às diferentes especificações técnicas exigidas somente é possível mediante a devida adequação no processo produtivo, com efeitos diretos sobre os custos dos produtores. A esse respeito, segundo o Presidente do APLA, dos atuais três processos possíveis utilizados na destilação de álcool combustível – ciclo hexano; peneira molecular e MEG (monoetilenoglicol) –, o primeiro, ainda que utilizado por cerca de 70% dos produtores brasileiros, não atende às especificações dos mercados compradores mais exigentes, sendo necessária a utilização do segundo processo (peneira molecular), mais oneroso. Desta forma, para atender tais mercados, demanda-se altos investimentos, o que muitas vezes alija alguns produtores no mercado.

O Quadro 6.1 apresenta, de forma resumida, uma comparação entre as principais especificações técnicas exigidas para o etanol combustível, em mercados selecionados. Conforme pode ser visto, coexistem especificações divergentes entre os diferentes mercados, não havendo um padrão comum em nível internacional. As divergências dizem respeito tanto às diferentes unidades

utilizadas¹⁷⁰, quanto às características estipuladas por cada especificação, além dos limites estabelecidos.

Quadro 6.1 - Especificações técnicas para álcool anidro (ASTM, Nybot, Suécia, Europa e ANP)

Características	Unidade		ASTM	Nybot	Suécia	Europa	ANP
Massa Específica (20°C) – máx	kg/m ³	Máx			792,0		791,5
Teor Alcoólico a 20°C – mín	INPM, %m/m	Mín					99,3
Teor Alcoólico a 20°C – mín	GL, %v/v	Mín	92,1*	98*	99,7*	98,7*	99,6**
Água (Karl Fischer) – máx	%v/v	Máx	1,0	0,8	0,3	0,3	
Acidez Total – máx	mg/L (%m/m)	Máx	56 (0,007)	70	56 (0,007)	56 (0,007)	30
Condutividade Elétrica – máx	uS/m	Máx	-		500		500
PHe	-		6,5 a 9,0	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0	
Cobre – máx	mg/kg	Máx	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07
Cloreto – máx	mg/kg (mg/L)	Máx	40 (32)	40	10	25	
Goma Atual Lavada – máx	mg/100mL	Máx	5,0	5,0	5,0		
Aspecto	-		Límp.	Límp.	Límp.	Límp.	Límp.
Cor	-						LA
Metanol – máx	%v/v	Máx	0,5	0,5	0,5	1	
C3-C5 máx	%v/v	Máx			2,0 m/m	2,0m/m	
Teor de Desnaturante	%v/v		1,96 a 4,76				
Enxofre – máx	mg/kg	Máx			50	10	
Fósforo	mg/L	Máx				0,5	
Material Não-volátil	mg/L	Máx				100	

Fonte: Adaptado de Souza e Fraga (2006).

¹⁷⁰ Vale notar que nenhuma delas refere-se à unidade de medida estabelecida para a Metrologia Química – o mol, ou quantidade de matéria (ver seção 2.3.2).

Na visão do especialista em padronização e qualidade do etanol combustível, José Félix da Silva Junior¹⁷¹, representante UNICA/Copersucar, dois aspectos principais chamam atenção nas disparidades observadas. Em primeiro, está aquele referente às diferentes unidades de medidas utilizadas, nas quais devem ser expressos os parâmetros técnicos das respectivas especificações. As diferenças nas unidades de medida são às vezes tão grosseiras que se torna necessário convertê-las para aquelas que têm significado. O segundo aspecto está relacionado aos métodos de análise exigidos, muitos dos quais desenvolvidos pela norte-americana ASTM, voltados à análise de petróleo – não aplicáveis ao etanol –, sendo exigidos por total falta de conhecimento técnico sobre o tema. Outros métodos, conforme informado por José Felix, são totalmente desnecessários para análise de etanol, e poderiam ser utilizados métodos mais simples para análise. Como isso ainda não ocorre, somente grandes laboratórios, bem equipados, são capazes de analisar uma amostra.

Considerando especificamente divergências nos parâmetros exigidos, algumas evidências devem ser mencionadas. Segundo Florenal Zarpelon, Engenheiro Químico do Grupo Cosan, para o parâmetro ‘teor alcoólico’, por exemplo, a especificação brasileira, além de ser muito rígida, não tem consistência técnica, o que onera a produção. Isso porque, segundo o Engenheiro, se, por um lado, a utilização da unidade de medida de grau INPM ocorre exclusivamente no Brasil – o que requer que o produtor realize as necessárias conversões –, por outro, de acordo com estudos de equilíbrio com misturas de gasolina, etanol e água, desenvolvidos pelos EUA para determinarem sua especificação, o teor alcoólico desse tipo de etanol deve apresentar patamar mínimo de 99,0% v/v, enquanto a especificação brasileira estipula um piso mais elevado para o parâmetro – 99,6% v/v (o que equivale a 99,3° INPM). Zarpelon sugere, então, tanto o abandono do grau INPM quanto a adoção de nível mínimo de teor alcoólico em 99,3%v/v (PROCANA, 2004, p. 78).

¹⁷¹ Entrevista concedida em 29/04/2008.

Na ausência de um padrão harmonizado para o produto em nível mais amplo, a maioria das grandes destilarias desenvolve um padrão próprio, com base nas especificações exigidas pela ANP, segundo informado pelo Pesquisador Wokimar Teixeira Garcia, Pesquisador do Laboratório de Análise de Álcool e Açúcar do CTC¹⁷². Algumas dificuldades em atender exigências técnicas de mercados compradores foram reportadas, como por exemplo, em determinado pedido de compra realizado pela Dreyfus quando foi solicitada a utilização de metodologia seguindo especificações ASTM que continha exigência de análise de conteúdo de goma, justificada apenas para derivados de petróleo¹⁷³.

Ou seja, segundo o Pesquisador há ainda muita falta de informação dentre os compradores no mercado internacional. Diante disso, as negociações vêm sendo realizadas numa análise caso a caso, em que o fornecedor brasileiro muitas vezes não tenta demonstrar que a especificação da ANP para o produto é suficiente, e acaba aceitando as exigências técnicas muitas vezes descabidas, realizadas por mercados compradores.

Fator adicional que contribui para os entraves observados está presente na observação de que, enquanto no Brasil, as especificações técnicas para o produto são definidas em caráter compulsório, o mesmo não ocorre nos demais países, onde tal definição é determinada, em geral, apenas por atores da esfera privada. Isso significa que as discussões sobre a legitimidade das exigências desses atores não passam por uma negociação de governo, cabe apenas ao produtor demonstrar a qualidade de seu produto e, nesse caso, o comprador tem soberania para definir se o produto atende ou não seus parâmetros de qualidade. Numa negociação desse teor, obtêm vantagem aqueles com maior poder de barganha, geralmente produtores mais tradicionais no mercado.

¹⁷² Entrevista concedida em 01/02/2007.

¹⁷³ Outros pedidos de análise que fogem ao que seria usual para etanol combustível já identificados segundo Wokimar Garcia são: conteúdo de enxofre, cloreto, acetaldeído e acetato etil, outros álcoois (C-3, C-5 e metanol). Entrevista concedida em 01/02/2007.

Na opinião de Wokimar Garcia, Pesquisador do CTC, portanto, o MRC desenvolvido não deveria se ater apenas às especificações determinadas pela ANP, mas também atender a exigências de outros mercados.

Evidências de como a indústria tem lidado com as questões acima colocadas, podem ser obtidas por meio de análise do caso específico do Grupo Cosan, líder nacional e um dos maiores produtores de açúcar e etanol do mundo. O Grupo possui especificação própria para o álcool produzido, desenvolvida com base nas especificações da ANP¹⁷⁴. Quando o pedido de compra com as especificações técnicas recebido pelo departamento comercial difere da especificação padrão ANP, tais exigências são repassadas ao Diretor de Produção ou ao Gerente Corporativo de Laboratórios. A partir daí é realizada uma pesquisa entre as destilarias do Grupo, para saber se alguma está apta a atender aos requisitos solicitados.

Caso nenhuma destilaria possa atender àqueles requisitos técnicos específicos, inicia-se negociação oferecendo o etanol combustível sob o padrão Cosan, o que pode envolver até mesmo o envio de uma amostra, quando necessário. Essa estratégia da Cosan só é bem-sucedida diante do reconhecimento da qualidade de seu produto, que carrega sua marca já estabelecida no mercado. Para empresas de menor porte e, portanto, com menor poder de barganha, esse tipo de negociação dificilmente é bem-sucedido.

¹⁷⁴ Informações fornecidas por Achiles Aparecido Mollon, Gerente Corporativo de Laboratórios, e Edmilson Lacerda, Gerente de Produção, ambos da Usina Costa Pinto do Grupo Cosan, em entrevista concedida no dia 01/02/2007.

O Grupo Cosan também possui demandas relacionadas à certificação do produto. Nesse caso, conforme informado em entrevista, o processo a ser seguido é similar ao que já ocorre para a comercialização de açúcar, em que dois laboratórios de certificação são contratados (um pelo exportador e outro pelo importador), responsáveis por realizar todo o acompanhamento da carga, desde o embarque. Na opinião de Achilles Aparecido Mollon, Gerente Corporativo de Laboratórios, e Edmilson Lacerda, Gerente de Produção, ambos da Usina Costa Pinto do Grupo Cosan, o desenvolvimento de MRC seria um importante avanço para o mercado de álcool combustível, em termos de qualidade e segurança do produto e, ademais, o desenvolvimento de uma norma ISO para o produto seria de muita importância, já que atualmente identificaram 15 diferentes especificações para álcool combustível para apenas 5 tipos diferentes do produto. Com relação a algumas dificuldades técnicas, duas questões práticas foram destacadas. A primeira refere-se à análise sobre acidez, para a qual os métodos exigidos pela ANP e pela ASTM diferem entre si. A segunda questão vai ao encontro daquela levantada pelo especialista Florenal Zarpelon, com respeito à análise sobre o teor alcóolico, pois enquanto a análise exigida pela ANP deve ser definida para parâmetros que utilizam como medida INPM (com base no peso), demais especificações utilizam como medida GL (com base no volume), incorrendo em um trabalho adicional, para realizar a conversão das unidades de medida.

A confiabilidade das análises realizadas não é conhecida para todos os laboratórios envolvidos no mercado de etanol, o que é dificultado pela inexistência de MRC que atue como balizador e meio de comparação, permitindo aos laboratórios conhecer a confiabilidade nas suas análises. Hoje em dia, segundo informou José Felix da Silva Junior, representante da UNICA/Copersucar, o etanol é analisado levando em consideração uma margem de erro (não é incerteza¹⁷⁵, já que não foi definido ainda um padrão) no tanque, antes de ir para o porto, uma vez

¹⁷⁵ Ver Glossário.

mais no próprio porto e, finalmente, é retirada uma amostra do navio – todo o processo visa atestar que o produto atende à especificação do cliente. Este, ao receber, contrata a realização de mais uma análise, quando, caso constate-se algum problema, o navio vai para arbitragem (em Londres) e a decisão para identificar de onde vem o erro pode levar de 3 a 5 anos. Todas essas questões, resumiu, envolvem metrologia¹⁷⁶.

Mais um exemplo do quanto a questão pode afetar o mercado brasileiro e que, portanto, demanda atenção, se refere à norma européia (Draft prEN15376), que exige a realização de análise de conteúdo de enxofre e de fósforo, para a qual ainda não há condições de realização no Brasil. Algumas de suas exigências, ademais, parecem basear-se em análises desenvolvidas para álcool voltado para a indústria alimentícia, mais rigorosas, portanto.

Esforços técnicos e políticos são necessários para influenciar a elaboração do padrão internacional para álcool combustível que virá a formar as bases de sustentação para o comércio internacional do produto. O que fica evidente a partir das evidências coletadas nas entrevistas é que a definição de uma especificação internacional para etanol é um trabalho complexo, que exige a participação de técnicos, produtores, clientes, usuários e governos.

Os esforços políticos foram iniciados a partir de interesse do Brasil e dos EUA – os dois maiores produtores mundiais de etanol combustível – no avanço do mercado de biocombustíveis, com a assinatura, em março de 2007, do ‘Memorando de Entendimento entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo dos Estados Unidos da América para Avançar a Cooperação em Biocombustíveis’¹⁷⁷. Tal documento estabelece estratégia calcada em três níveis, que reflete a intenção de cooperar no desenvolvimento e na difusão de biocombustíveis como um todo – nível bilateral, de terceiros países e global.

¹⁷⁶ Entrevista concedida em 29/04/2008.

¹⁷⁷ Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/y/br_usa_biofuel.pdf>, acesso em 25/10/2007.

No nível bilateral, estão incluídas ações referentes ao avanço na pesquisa e no desenvolvimento de nova geração de tecnologias para biocombustíveis, especialmente por meio de trabalhos já em andamento em outras frentes de cooperação existentes. Com relação ao nível relacionado a terceiros países, o Memorando estabelece atividades voltadas ao fornecimento de tecnologia de produção dos biocombustíveis a países selecionados, numa clara tentativa de ampliar o número de fornecedores no mercado mundial. É o terceiro nível estratégico – o global – que mais interessa para efeitos do presente trabalho, qual seja:

Os Participantes desejam expandir o mercado de biocombustíveis por meio da cooperação para o estabelecimento de padrões uniformes e normas. Para atingir esse objetivo, os Participantes tencionam cooperar no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis (FIB), levando em conta o trabalho realizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade do Brasil (Inmetro) e o Instituto Norte-Americano de Padrões e Tecnologia (NIST), bem como coordenando posições em fóruns internacionais complementares (BRASIL e EUA, 2007, p. 2).

A próxima seção será, nesse contexto, dedicada às iniciativas desenvolvidas pelo governo brasileiro na busca pelo terceiro nível da estratégia traçada no Memorando assinado.

6.3 Metrologia e padronização técnica: uma análise sobre a Tecnologia Industrial Básica adequada à indústria de etanol combustível

Em um âmbito geral, a elaboração de padrões bem definidos e de qualidade está intimamente ligada à promoção de credibilidade. Esses entendimentos, contudo, apenas começam a se delinear entre os formuladores de políticas nacionais, diferentemente do que ocorre em países mais avançados, onde o caráter estratégico da definição do padrão – ou material de referência – para determinado produto é enfatizado, estando inserido nas políticas industriais e tecnológicas formuladas. Em esfera nacional, a maior visibilidade concedida ao processo de padronização técnica e à metrologia, em caráter mais amplo, vem ocorrendo justamente diante da política traçada para

biocombustíveis – é a partir de então que diferentes atores, mesmo aqueles não familiarizados com o tema, passaram a entender seu caráter estratégico.

E nesse sentido, debates sobre o tema devem considerar tanto aspectos que correspondem ao nível micro quanto aqueles que se referem ao nível macroeconômico. Ademais, no decorrer da evolução e histórico sobre a padronização técnica do etanol combustível a análise recai sobre suas influências sobre a competitividade e a inovatividade da indústria, conforme se destaca a partir desse momento.

6.3.1 Histórico brasileiro na padronização técnica de etanol combustível

É importante retomar alguns aspectos do Proálcool, no intuito de evidenciar as dificuldades que se prolongaram desde então no que se refere ao histórico brasileiro na padronização de etanol combustível.

Em estudo desenvolvido em Anciães (1978), destacou-se a necessidade da condução de estudos e pesquisas voltados à elaboração de especificações técnicas para o álcool, não apenas o combustível, mas também para aqueles voltados para outros fins, como para alcoolquímica:

“Atualmente a especificação do álcool está baseada em álcool para bebida (muito rigorosa, por exemplo, em termos de acidez – 3 ppm de acidez total –). No caso, ainda, exemplificando, de uso como solvente, aquele rigor poderia ser suavizado. Poder-se-ia por outro lado desejar uma parcela superior de água no álcool se ele for insumo para obtenção de eteno. Se ele for utilizado como carburante, sua pureza poderia ser reduzida, e então, talvez, outros materiais poderiam ser utilizados na construção dos equipamentos. De qualquer forma, existe um campo aberto e inexplorado nesse segmento, o qual deveria ser atacado” (ANCIÃES, 1978, p. 287).

Ou seja, fica clara, a partir da citação acima, a ausência de padrões técnicos específicos, o que causava equívocos significativos – exemplo da utilização de especificações técnicas elaboradas para álcool utilizado com fins alimentícios para outros fins, como o próprio álcool carburante. Essa

ausência tem suas raízes na falta de entendimento sobre sua importância, por um lado, e na deficiente infra-estrutura de TIB à época.

A preocupação com requisitos técnicos para etanol combustível ficou restrita, em um primeiro momento, à iniciativa privada, interessada em avançar na qualidade de seus produtos, em busca de maior competitividade. Nesse processo, importante ator foi o CTC, à época um centro de pesquisa da Copersucar, que introduziu as primeiras atividades relativas à análise da qualidade tanto do álcool quanto do açúcar, ainda na década de 1980. A motivação inicial era controlar a qualidade das usinas que compunham a Copersucar, bem como harmonizar, de alguma forma, essa qualidade.

Em princípio, o CTC realizava uma espécie de auditoria às usinas para analisar o álcool produzido e gradativamente empreendeu um processo de treinamento das destilarias para que estas realizassem as análises mais simples em seus laboratórios¹⁷⁸. O CTC passou a atuar como certificador desses laboratórios, realizando apenas as análises mais complexas, consolidando-se na realização de ensaios de proficiência e como referência no que tangia as análises laboratoriais necessárias. Já ao final da década de 1990, tem-se início o processo de implantação de normas ISO 9000 (gestão da qualidade) e ISO 14000 (gestão ambiental).

A primeira iniciativa de estabelecimento de especificações técnicas para etanol combustível em caráter compulsório data de 1979, quando o extinto Conselho Nacional de Petróleo (CNP) elaborou o Regulamento Técnico CNP 03/79, o primeiro para álcool combustível. Tal regulamento foi elaborado com base nas especificações técnicas definidas pela esfera privada, processo no qual a participação de atores como o CTC foi fundamental.

¹⁷⁸ As destilarias passaram a investir em dois tipos de laboratórios: o de matéria-prima e o industrial, para avaliar o processo. Muitos laboratórios, entretanto, utilizam equipamentos inadequados para realização de análise (ex. utilização de medidor de pH para solução aquosa ao invés de utilizar um específico para álcool). Informações fornecidas por Wokimar Teixeira Garcia, Pesquisador do CTC, durante entrevista concedida em 01/02/2007.

A partir de então e de acordo com as mudanças institucionais introduzidas ao longo desses quase 30 anos, diversos organismos atuaram na definição das características do produto – como os extintos Ministério de Estado da Infra-estrutura (MINFRA) e o Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) e, atualmente, desde sua criação no ano de 1997, a ANP.

Alguns aspectos devem ser ressaltados com relação à evolução do processo de elaboração de especificações técnicas para o produto, de caráter compulsório, resumido no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Brasil: especificações técnicas para etanol combustível (anidro e hidratado), entre 1979 e 2008

Legislação	Observação
Resolução CNP nº 8 de 1979	Estabelece o Regulamento Técnico CNP 03/79.
Resolução CNP nº 13, de 18/08/1981	Regulamento Técnico CNP 03/79 REV 1 – definição de 9 características; métodos ainda sem base em norma técnica.
Resolução CNP nº 07, de 10/08/1982	Regulamento Técnico CNP 03/79 REV 2 - definição de 11 características; métodos ainda sem base em norma técnica.
Resolução CNP nº 10, de 05/12/1986	Regulamento Técnico CNP 03/79 REV 3 - definição de 16 características; primeiras referências a normas técnicas e projetos de norma (nacionais e européias).
Portaria MINFRA nº 774, de 03/09/1990	Altera apenas 2 das características estipuladas no Regulamento Técnico CNP 03/79 REV 3 (condutividade elétrica e sulfato).
Portaria DNC nº 23, de 29/10/1991	Estabelece o Regulamento Técnico DNC nº 01/91. Menção a normas brasileiras da ABNT e do Inmetro. Definição de 16 características e inclusão dos métodos de análise da tabela do regulamento (nenhum específico para etanol <u>combustível</u>).
Portaria ANP nº 45, de 16/03/2001	Estabelece o Regulamento Técnico ANP 1/2001 e torna obrigatória a realização de análise do produto e a emissão de Certificado de Qualidade. Definição de 17 características e menciona, <i>pela primeira vez</i> , uma norma técnica específica para etanol <u>combustível</u> .
Portaria ANP nº 02, de 16/01/2002	Estabelece o Regulamento Técnico ANP 1/2002. Definição de 15 características.
Portaria ANP nº 126, de 08/08/2002	Alteração do Regulamento Técnico ANP 1/2002. Definição de 15 características.
Resolução ANP nº 56, e 24/02/2005	Aprova o Regulamento Técnico ANP 1/2005. Definição de 15 características. Aparece a segunda norma técnica brasileira específica para etanol <u>combustível</u> .
Resolução ANP nº 36, de 06/12/2005 (<i>em vigor</i>)	Estabelece o Regulamento Técnico ANP nº 7/2005. Definição de 15 características. Exigência de adição de corante ao álcool anidro.

Fonte: Elaboração própria.

Inicialmente, os métodos que deveriam ser utilizados para analisar o atendimento às características definidas pelos regulamentos técnicos eram determinados no próprio corpo do documento, sem uma menção explícita a normas técnicas, dada a inexistência das mesmas. Somente em 1986, na terceira revisão do Regulamento Técnico CNP 03/79, é que podem ser observadas as primeiras menções a normas e projetos de normas no âmbito da ABNT, e também de outros organismos internacionais, voltados ao estabelecimento de métodos de ensaio para determinação dos requisitos do etanol combustível.

De acordo com José Félix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar, essas normas haviam sido elaboradas com base em métodos desenvolvidos pelo CTC, em cooperação com outros atores como o Cenpes e a Anfavea¹⁷⁹. Posteriormente, foram utilizadas como base para a elaboração das primeiras normas ABNT para o produto, o que ocorreu no âmbito do então Comitê Brasileiro de Química (ABNT/CB-10) entre as décadas de 1980 e 1990¹⁸⁰. Em 2005, a ANP comunicou a necessidade de revisão das normas existentes¹⁸¹ e da elaboração de novas normas para atendimento à sua Resolução nº 02, de 16/01/2002, a qual estabelece as especificações do álcool etílico anidro combustível (AEAC) e do álcool etílico hidratado combustível (AEHC). Para atender essa demanda, a ABNT criou a Comissão de Estudo Especial de Álcool Combustível (ABNT/CEE-00:001.61)¹⁸².

¹⁷⁹ Entrevista concedida em 29/04/2008.

¹⁸⁰ As três primeiras normas elaboradas foram as ABNT NBR 5992 (determinação da massa específica e do teor alcoólico), ABNT NBR 8644 (determinação do resíduo por evaporação) e ABNT NBR 9866 (determinação da acidez). Fonte: informações fornecidas por Márcia Cristina de Oliveira, Vanessa Ramos e Cláudio Guerreiro, da ABNT (entrevista concedida em 19/05/2008).

¹⁸¹ O principal motivo da revisão das normas de álcool combustível é a atualização dos métodos de ensaio, de forma a acompanhar o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos e as novas tendências para utilização de determinados reagentes. As normas que já foram revisadas até o momento são as seguintes: - ABNT NBR 8644: determinação do resíduo por evaporação (1ª edição: 1984, 2ª edição: 2008); - ABNT NBR 9866: determinação da acidez total (1ª edição: 1987, 2ª edição: 2006); - ABNT NBR 10422: determinação da concentração de sódio (1ª edição: 1988, 2ª edição: 2007); - ABNT NBR 10547: determinação da condutividade elétrica (1ª edição: 1988, 2ª edição: 2006); - ABNT NBR 10891: determinação do pH (1ª edição: 1990, 2ª edição: 2006); - ABNT NBR 10894: determinação da concentração de cloreto e sulfato (1ª edição: 1990, 2ª edição: 2007); - ABNT NBR 11331: determinação da concentração de ferro e cobre (1ª edição: 1990, 2ª edição: 2007) (IDEM).

¹⁸² IDEM.

Assim como a definição de métodos analíticos ocorreu a *posteriori* da definição das especificações técnicas, também a base metrológica de sustentação de todo o processo se deu dessa forma. Na realidade, ensejando delonga ainda maior, uma vez que sua construção é fenômeno recente. À época, as pesquisas no ramo metrológico eram conduzida em laboratórios como o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), ainda no âmbito do Proálcool. Apesar de importantes, tais pesquisas, por não imbuírem a confiabilidade concedida por um instituto nacional de metrologia, não poderiam fornecer a base metrológica robusta e necessária à elaboração de um padrão para o etanol. Como mencionado no Capítulo 2, os investimentos mais pungentes para o campo da metrologia científica – e mais especificamente no campo da Química –, essencial para os avanços no campo da padronização técnica do etanol combustível, ainda não haviam sido iniciados e o INM brasileiro, o Inmetro, ainda estava sob processo de implementação.

Nesse momento cabe introduzir a análise de Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro, ex-diretor de P&D da Ipiranga, sobre a atuação do INM brasileiro¹⁸³. Em sua longa experiência na iniciativa privada, Daroda ressalta a lacuna que a falta de um INM forte representa para a indústria que, para obter os padrões metrológicos de que necessita, consecutivamente precisa recorrer à importação – incorrendo em um custo altíssimo, diante de seu valor tecnológico intrínseco. É nesse sentido que o Coordenador se mostra otimista com futuros investimentos em P&D no INM brasileiro, a partir do entendimento da íntima e imperativa relação entre C&T e metrologia.

As atividades de cunho metrológico desenvolvidas pelo Inmetro para o tema, ainda que iniciadas na década de 1980, estavam voltadas à preocupação com o desempenho dos motores a

¹⁸³ Entrevista concedida em 11/04/2008.

álcool, e não com a qualidade do combustível em si¹⁸⁴. É desse modo que avanços com relação à elaboração de especificações técnicas para etanol combustível foram ocorrendo, sem o correspondente investimento necessário na sua base de sustentação – a metrologia¹⁸⁵.

A despeito desses entraves, a ANP vem se mostrando eficiente na regulamentação e fiscalização do produto no país, considerado de alta qualidade, com rebatimentos importantes sobre a competitividade e a inovatividade da indústria¹⁸⁶. Segundo Cristina Nascimento, da Superintendente Substituta de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos da ANP, inicialmente, os regulamentos técnicos para etanol combustível elaborados pela Agência voltavam-se exclusivamente a requisitos de ordem técnica. Entretanto, gradualmente, outras exigências foram sendo introduzidas, voltadas à garantia da qualidade do produto.

Alguns exemplos dessa atuação podem ser mencionados, como a exigência de Certificado de Qualidade (por meio da Portaria ANP nº 45 de 2001) e o combate às fraudes realizadas por alguns produtores, como, por exemplo, a do ‘álcool molhado’, que consiste na adição de água ao etanol anidro, que passa a ser comercializado nos postos como hidratado. Para combater essa fraude, a ANP passou a exigir a adição de um corante no etanol anidro e a colocação de um selo nos postos de combustíveis, alertando consumidores a observar se o álcool hidratado, no ato de sua compra, apresenta-se límpido (Resolução ANP nº 36, de 06/12/2005). O resultado dessa atuação tem sido

¹⁸⁴ Atividades conduzidas pelo Laboratório de Motores, Combustíveis e Lubrificantes (Lamoc), do Instituto, com forte atuação durante o Proálcool, como laboratório de referência especialmente no que diz respeito à verificação da potência e consumo dos motores convertidos e projetados. Mais informações sobre o Lamoc disponíveis em <<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/labMetQuim.asp>>, acesso em 07/11/2007.

¹⁸⁵ Humberto Brandi, Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, reporta a existência de inúmeras dificuldades na atuação do INM, por ser instituto público, que associa ao ‘custo Brasil’, como a burocracia com relação a compras, a importações, à construção de laboratórios, dentre outros. Destaca que o apoio de órgãos de fomento, como a FINEP, possibilitou a superação de alguns desses entraves, sem o qual não teriam sido obtidos os avanços observados, ainda que barreiras associadas à burocracia e à morosidade não possam ser contornadas (entrevista concedida em 03/03/08).

¹⁸⁶ Argumento enfatizado por Rosângela Moreira de Araújo, Superintendente de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos da ANP (II Seminário de Laboratórios, realizado no dia 29/04/2008).

positivo: as não-conformidades relacionadas a etanol combustível, registradas pela ANP, decresceram de 12,5%, em 2002, para 1,7%, em fevereiro de 2008¹⁸⁷.

A ANP também tem atuado de forma a evitar contaminação devido à ingestão do produto, o que poderia causar problemas de saúde. No caso do produto brasileiro, é realizado processo de desnaturação, por meio da adição de composto que provoque náusea, caso o produto seja ingerido acidentalmente, já que é quase imperceptível ao ingestor a diferença entre o etanol combustível e aquele com fins alimentícios.

É importante notar que os processos de elaboração e de revisão de regulamentos técnicos e de normas técnicas conduzidos, respectivamente, pela ANP e pela ABNT, são realizados com a ampla participação de atores interessados no tema, especialmente da esfera privada. Por outro lado, a ANP também participa de comitês da ASTM, principal organismo norte-americano na elaboração de normas para combustíveis¹⁸⁸.

O conteúdo técnico das especificações não sofreu bruscas alterações ao longo dos anos, corroborando o caráter de produto homogêneo do etanol combustível, conforme defendido no Capítulo 5. No que tange ao álcool anidro, os requisitos técnicos definidos pela indústria foram acompanhados pela evolução dos regulamentos técnicos. Com referência ao álcool hidratado, introduzido mais tarde, na década de 1980, o regulamento técnico, à época, foi considerado muito rígido pelos produtores, exigindo uma série de modificações na produção. Apesar da insatisfação de muitos produtores, estes tiveram que se adequar e, para tanto, houve necessidade de investimentos em inovação tecnológica – em áreas do processo produtivo como a destilação e a fermentação¹⁸⁹.

¹⁸⁷ Informações fornecidas por Cristina Nascimento, Superintendente Substituta de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos da ANP. Entrevista concedida em 18/04/2008.

¹⁸⁸ A esse respeito, Cristina Nascimento observa a diferença entre a participação de produtores norte-americanos e brasileiros em seus respectivos fóruns de normalização. Enquanto os primeiros são tradicionalmente ativos nesse processo – forte indício da importância a ele creditada e do entendimento de sua influência na competitividade industrial – a participação de produtores brasileiros no processo de normalização é fenômeno recente (à exceção da Petrobrás, ressalta). Entrevista concedida em 18/04/2008.

¹⁸⁹ Informações fornecidas por José Félix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar (entrevista concedida em 29/04/2008).

Esse é mais um exemplo da atuação do Estado, enquanto agente na padronização técnica, sobre o processo inovativo. A partir de iniciativa de regulamentação técnica para o setor, criou-se uma oportunidade para a introdução de inovações tecnológicas subsequentes, necessárias para o devido cumprimento às especificações técnicas exigidas em caráter compulsório. Diante dessa evolução, atualmente, a base legal da qualidade do etanol no Brasil está definida pela Resolução ANP 36/2005 (ver Quadro 6.3).

Quadro 6.3 – Especificações do AEAC e do AEHC (Resolução ANP 36/2005)¹⁹⁰

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÕES		MÉTODO	
		AEAC	AEHC	ABNT/NBR	ASTM
Aspecto	-			Visual	
Cor	-			Visual	
Acidez Total (como ácido acético), máx.	mg/L	30	30	9866	D 1613
Condutividade Elétrica, max	µS/m	500	500	10547	D 1125
Massa específica a 20°C	kg/m ³	791,5 máx.	807,6 a 811,0	5992	D 4052
Teor alcoólico	°INPM	99,3 mín.	92,6 a 93,8	5992	-
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	-	6,0 a 8,0	10891	-
Resíduo por evaporação, máx.	mg/100MI	-	5	8644	-
Teor hidrocarbonetos, máx.	%vol.	3,0	3,0	13993	-
Íon Cloreto, máx	mg/kg	-	1	10894/ 10895	D 512
Teor de etanol, mín	%vol.	99,6	95,1	-	D 5501
Íon Sulfato, máx	mg/kg	-	4	10894/ 12120	-
Ferro, máx.	mg/kg	-	5	11331	-
Sódio, máx.	mg/kg	-	2	10422	-
Cobre, máx.	mg/kg	0,07	-	10893	-

Fonte: Adaptado de ANP (2005).

¹⁹⁰ Está prevista a realização de uma nova revisão para o ano de 2008, de acordo com informações fornecidas por Cristina Nascimento, da Superintendência de Biocombustíveis da ANP.

Entretanto, conforme apresentado no Capítulo 2 (Figura 2.4), o sucesso do processo de padronização técnica está calcado na complementaridade entre três esferas que nele atuam – agência reguladora (definindo parâmetros e seus limites), fórum de normalização técnica (estipulando os métodos de análise) e instituto nacional de metrologia (concedendo garantia e confiabilidade a todo o processo). No caso específico do etanol combustível, os três atores que atuam nessas esferas constituem, respectivamente, ANP, ABNT e Inmetro. E a evolução do tema no país permite concluir que, se a primeira esfera evoluiu de forma regular, a segunda ou pouco menos regular, a terceira praticamente nem sequer havia sido iniciada até recentemente.

Sem essa sólida base metrológica, a própria análise quanto ao atendimento às exigências estipuladas pela ANP fica prejudicada por conta da inexistência de um padrão de referência que sirva como base de comparação, para efetivamente avaliar se o resultado obtido na análise é compatível com o nível exigido, dado pelo MRC associado, nesse caso¹⁹¹.

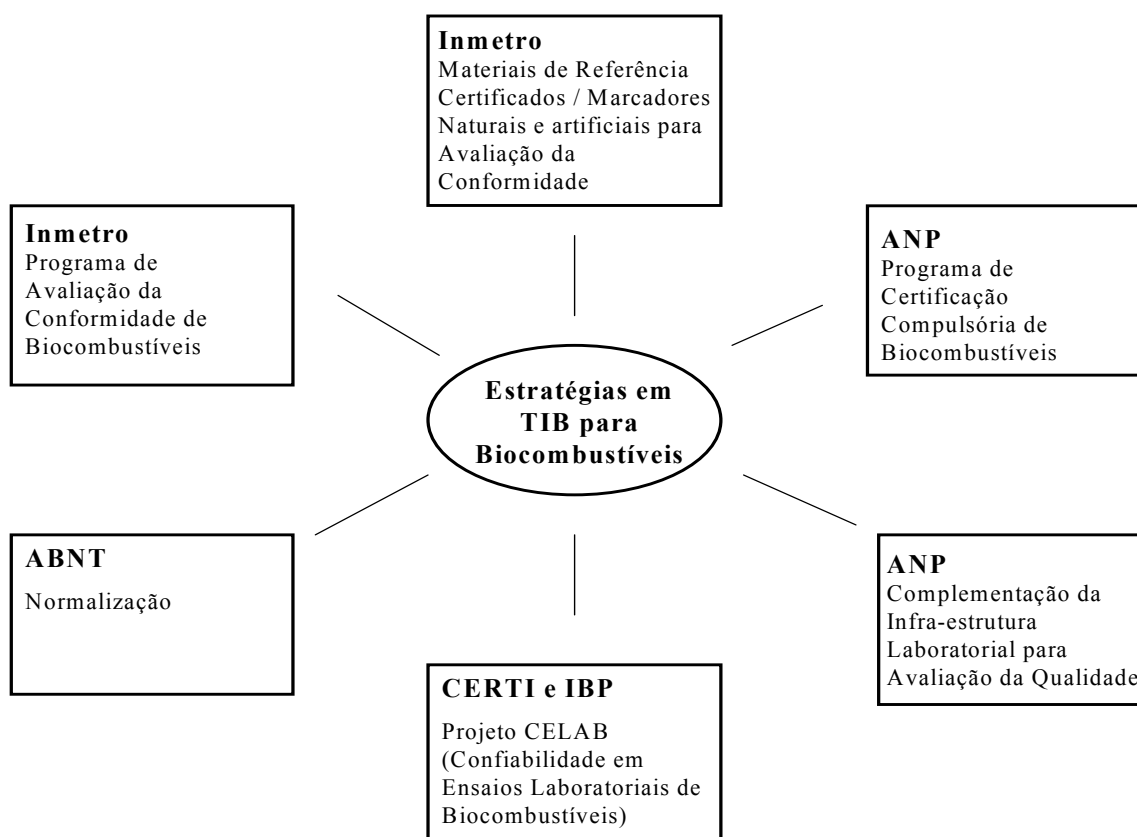
Tais entraves, contudo, só se tornam mais prementes quando da participação do produto no mercado internacional, mais exigentes quanto à qualidade dos bens comercializados. Mercados compradores precisam se certificar de que estão sendo atendidos nas especificações por eles estabelecidas, especialmente quando se trata de um produto tipo *commodity*, retomando argumento de Swann (1999). Daí a credibilidade do INM ser condição fundamental para a bem-sucedida realização de trocas em âmbito internacional, sob ameaça de que as empresas fiquem sujeitas a replicação de análises – o que onera os custos envolvidos – sobressaindo-se, nesse processo, apenas aquelas com maior poder de barganha e credibilidade.

¹⁹¹ Segundo informações concedidas pelo Secretário de Indústria e Comércio de Piracicaba e Presidente do APLA, Luciano Santos Tavares de Almeida, o trabalho de parceria com o Inmetro, com o objetivo de desenvolver as atividades necessárias à elaboração do MRC para etanol combustível, havia sido iniciado por volta de 2002, mas, segundo ele, as atividades só ganharam força a partir de 2006, com a criação do APLA, especialmente por aumento da pressão por parte daqueles produtores que exportam e que se deparam com exigências técnicas mais rígidas do que entendem ser necessárias. Foi apenas a partir daí, também, como será adiante explorado, que o Inmetro passou a congregiar as condições necessárias para atuar nessa estratégia (entrevista concedida em 01/02/2007).

Essas questões, portanto, começaram a surgir quando da intensificação do processo de internacionalização da indústria brasileira de etanol combustível. As demandas de padronização do produto e, ademais, de elaboração de um MRC para etanol combustível passam a ser entendidas como condições estratégicas para a competitividade da indústria.

Diante da problemática enfrentada pelas atividades englobadas na TIB para biocombustíveis, o governo brasileiro – via investimentos do MCT – desenvolveu estratégia específica para o tema em biocombustíveis (dentre os quais se encontra o etanol), composta por 6 frentes, conforme pode ser observado na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Estratégias em TIB para biocombustíveis



Fonte: Adaptado de Mussolin (2008).

As frentes foram traçadas para o fortalecimento das três esferas que devem atuar de forma coordenada com vistas à promoção do processo de padronização técnica – ABNT (normalização), ANP (certificação compulsória e complementação da infra-estrutura laboratorial de avaliação da conformidade) e Inmetro (desenvolvimento do MRC, de marcadores e do Programa de Avaliação da Conformidade).

Não incluído nessas três esferas, mas com uma necessidade inequívoca acerca dos avanços nelas delineados, está o Projeto CELAB (Confiabilidade em Ensaios Laboratoriais de Biocombustíveis), sob execução da Fundação Certi e do Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), visando a capacitação de 37 laboratórios públicos para a realização de ensaios e de análises em biocombustíveis de acordo com requisitos internacionalmente aceitos, tornando-os aptos a buscar sua acreditação junto ao Inmetro¹⁹².

Diante das frentes estratégicas definidas, espera-se importante avanço na estruturação da TIB para biocombustíveis. A partir desse momento, ênfase será direcionada àquela frente que consta da base de todo o processo e cujos avanços apenas foram iniciados tardiamente, com foco sobre as atividades de P&D necessárias para propiciar resultado positivo ao desenvolvimento do MRC, sem o qual todo o sistema que compõe a Figura 6.1 ficará sem sustentação.

6.3.2 Investimentos em P&D para o desenvolvimento de MRC para etanol combustível

¹⁹² Tais laboratórios integram a Rede de Laboratórios do Programa de Monitoramento de Qualidade de Combustíveis Líquidos da ANP e as Redes de Caracterização e Controle da Qualidade dos Biocombustíveis geridas pelo MCT (Redebio, Bioeste, Redebionorte, Biosudeste e Redesulbio). Mais informações disponíveis em <<http://www.celab.org.br>>, acesso em 01/05/2008.

Os investimentos em P&D, necessários para o desenvolvimento do primeiro MRC para etanol combustível, encontram-se na base do processo de padronização do produto, necessário à sua ‘*commoditização*’ no mercado internacional e, ademais, auxiliando na difusão das inovações introduzidas pela indústria, uma vez que o padrão incluirá avanços tecnológicos obtidos durante a evolução da produção do etanol.

No Brasil, o organismo responsável por conduzir as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento do MRC – o INM – é o Inmetro e, portanto, a ênfase desta seção recairá sobre a atuação desse Instituto.

Primeiramente, é necessário explicitar as razões do atraso no atendimento às demandas da indústria com relação ao desenvolvimento do MRC que, conforme discutido na seção anterior, estavam presentes desde 2002. As explicações para tal delonga residem no fato de que o Inmetro, até o início desse século, a despeito dos desenvolvimentos na área de metrologia científica e industrial, não possuía, ao contrário do que já ocorre em outros INM, uma estratégia tão forte para a Metrologia Química, tampouco para a condução de P&D, esta última entendida, em nível mundial, como condição necessária para os avanços na área metrológica.

As atividades do INM brasileiro sempre foram mais associadas à metrologia legal, de caráter eminentemente fiscalizatório. É dessa forma que o Inmetro ainda apresentava características herdadas dos institutos que o antecederam, com forte atuação em campos mais tradicionais da metrologia, e com um papel consolidado na infra-estrutura laboratorial brasileira. Entretanto, uma lacuna ainda permanecia latente, qual seja a do desenvolvimento de padrões de referência em áreas de interesse nacional, com a posterior e necessária transferência das tecnologias introduzidas à indústria, fomentando sua capacidade inovadora.

Essa situação começou a mudar no começo do presente século, quando o documento “Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira, 2003-2007” (INMETRO e CBM, 2003), definiu

novas políticas para a área, sustentando que o Brasil, que segue a estrutura dos maiores INM em âmbito internacional, entende que este deve ser não apenas um mero depósito para ‘padrões nacionais’, mas conter uma ação mais ampliada.

Dentre as características que devem ser apresentadas pelos INM, de acordo com o documento, destacam-se: (i) ser um *locus* de conhecimento avançado e de infra-estrutura tecnológica moderna; (ii) ser um instrumento de transferência de conhecimentos e de prestação de serviços de alta tecnologia ao setor produtivo; (iii) dar apoio à formulação e ser instrumento de implantação de políticas governamentais em metrologia e setores associados (IDEM, p.9). Essa visão já introduz novos delineamentos sobre a importância que passa a ser creditada ao INM brasileiro, como importante agente no SNI¹⁹³. Paulatinamente, foi crescendo no Instituto a percepção de seu potencial estratégico no apoio ao desenvolvimento tecnológico e à competitividade industrial.

Importante indicativo dessa nova postura pode ser percebido pela própria mudança na missão do Instituto. Em seu planejamento estratégico, elaborado para o período de 2002-2010 a missão do Inmetro estava assim definida: “Promover a qualidade de vida do cidadão e a competitividade da economia através da metrologia e da qualidade” (INMETRO, 2003).

Em 2006, nova missão foi estabelecida para o Instituto: “Prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do país” (INMETRO, 2006, grifo nosso). Uma das principais diferenças entre as duas missões institucionais está na introdução do termo ‘inovação’ no corpo do texto, indicando um marcante interesse do Instituto em ser reconhecido como ator relevante no SNI¹⁹⁴.

¹⁹³ Mais informações sobre a introdução de cultura pró-inovação no Inmetro, bem como de visão que enfatiza o papel do Instituto como importante agente do SNI, ver Canongia *et al.* (2005).

¹⁹⁴ Essa mudança de visão organizacional está também associada à chegada de João Jornada à Diretoria de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, em 2001 e, mais fortemente, a partir do momento em que passou a assumir a presidência do Instituto, em 2005. Para melhor entendimento desse processo, ver Garrido (2007).

As atividades relacionadas à elaboração do MRC para etanol combustível, então, estão em consonância com a nova missão institucional do Inmetro e, para tanto, diversas atividades inseridas no campo da metrologia científica e industrial, e concentradas na sub-área da Química, tiveram de ser empreendidas. Tal estratégia só pôde ser concretizada diante das iniciativas que já haviam sido realizadas, no esforço de criação da Divisão de Metrologia Química do Inmetro (Dquim)¹⁹⁵, em 2001 e, posteriormente, da Divisão de Materiais (Dimat), em 2004.

A esse respeito, vale ressaltar a defasagem tecnológica brasileira, de aproximadamente 100 anos, em relação aos Estados Unidos, por exemplo, cuja produção de materiais de referência por parte de seu INM – o NIST, denominado, à época, ‘*National Bureau of Standards*’ – fora iniciada ainda no início do século XX (ALVES e MORAES, s/d, p. 5).

Vale ressaltar que as indústrias químicas já vinham desde 1996 cobrando ações do Inmetro em relação à padronização em Metrologia Química, já demonstrando uma clara visão estratégica sobre a importância do tema para a sua competitividade (IDEM).

Ademais, duas linhas de atuação desenvolvidas pelo Instituto tiveram papel fundamental nesse processo. A primeira refere-se à introdução de denominado Programa de Capacitação Científica e Tecnológica da Metrologia Científica e Industrial do Inmetro (Prometro), desenvolvido em parceria com o CNPq, que permitiu ao Instituto aumentar o número de pesquisadores em sua equipe, especialmente aqueles com nível de doutorado. A segunda voltou-se à busca por financiamento, por meio da submissão de projetos a agências de fomento, no intuito de obter os fundos necessários à condução de suas atividades de P&D, que foram possíveis apenas por estarem incluídos nas opções estratégicas da PITCE, conforme apresentado no Capítulo 2.

¹⁹⁵ Um programa de Metrologia Química já havia sido iniciado em 1998 no país, mas não no âmbito do INM brasileiro, e sim sob a coordenação do IPT. Porém, alterações substanciais começaram a ocorrer a partir do ano 2000, quando o Inmetro entendeu ser sua obrigação assumir a posição de INM na área de Metrologia Química. A partir daí os vários laboratórios envolvidos no tema até então passaram a atuar como laboratórios secundários, devendo ser credenciados e fazer parte da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE).

É, então, a partir das estratégias brevemente descritas que pôde ser implantada a infraestrutura necessária para atender às demandas advindas dos diferentes ramos industriais. Especial atenção passou a ser voltada, então, à indústria de etanol combustível, com relação ao apoio à estratégia nacional de avançar na padronização do produto, diante das exigências para alavancar sua competitividade no mercado internacional.

Vale ressaltar que o desenvolvimento do padrão para etanol combustível – o MRC – deve ser encarado como um processo complexo, como ocorre em geral com os compostos químicos. Nesses cerca de 5 anos, os investimentos necessários para a montagem da Dquim, e que influenciaram, seja de forma direta ou indireta, o desenvolvimento do MRC para etanol combustível – podem ser mensurados conforme apresentado na Tabela 6.1 a seguir.

Tabela 6.1 – Inmetro: investimentos em P&D na Metrologia Química, com ênfase em etanol combustível¹⁹⁶

	em R\$					
Item	2004	2005	2006	2007	2008/09	Total
Equipamentos	584.596	2.349.532	826.704	1.094.239	2.914.220	7.769.292
RH	79.200	422.400	422.400	422.400	1.100.000	2.446.400
Material de Consumo	57.148	79.876	228.250	176.576	235.000	776.849
Serviços	-	3.582	41.250	45.927	259.000	349.759
TOTAL	720.944	2.855.390	1.518.604	1.739.142	4.508.220	11.342.300

Fonte: Elaboração própria, com base em documentos e relatórios internos do Inmetro.

Os dados da Tabela 6.1 apresentam os investimentos associados à P&D realizados até o momento (cerca de R\$ 6,8 milhões) além daqueles cuja realização está prevista para os anos 2008 e 2009¹⁹⁷ (cerca de R\$ 4,5 milhões) no intuito de concluir a elaboração do MRC para etanol combustível – e também para biodiesel –, totalizando mais de R\$ 11 milhões dedicados a essa

¹⁹⁶ É importante mencionar que a maior parte desses investimentos foi realizada via submissão de projetos à linha de recursos Verde e Amarelo do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), ministrado pela Finep. Muitos dos investimentos realizados, ainda que fundamentais para a P&D dedicada a etanol combustível, foram também utilizados por outras pesquisas no campo da Metrologia Química. De qualquer modo, dada a dificuldade de realizar a devida separação, optou-se por calcular o montante global.

¹⁹⁷ Projeto submetido à Finep e já aprovado, em 10/12/2007.

estratégia¹⁹⁸. Desse montante, como pode ser percebido, quase 70% foi referente à aquisição de equipamentos, o que permitiu que o Instituto se estruturasse para desenvolver a P&D necessária.

Estes investimentos corresponderam a pesquisas desenvolvidas especificamente para a criação de novas metodologias que permitissem analisar parâmetros determinados pela regulamentação da ANP para o combustível¹⁹⁹.

Vale retomar aqui, ponto já apresentado no Capítulo 3, de que as atividades envolvidas no desenvolvimento do MRC para etanol combustível estão incluídas da definição de P&D da OCDE (2002), utilizada na presente tese, uma vez que, para tal desenvolvimento, foi necessária a condução de diversas pesquisas de novas tecnologias e métodos de medição, aplicados de acordo com as necessidades da indústria nacional. Considera-se, portanto, que as atividades conduzidas pelo Inmetro no desenvolvimento do MRC de etanol combustível, até o momento, foram intensivas em P&D, de forma direta, ou indireta. De fato, esses investimentos não são enquadráveis na categoria de atividades a serem excluídas dos investimentos em P&D, seguindo a definição da OCDE (seção 3.3).

As atividades relacionadas ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível passaram a ocupar um *status* prioritário no Inmetro, diante de seu papel chave como estratégia do governo brasileiro. No caso específico dos biocombustíveis, Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro, chama a atenção para o fato de que o próprio corpo de diretores do Instituto aproveitou a oportunidade colocada pela escolha da padronização do etanol combustível como política de governo, no intuito de atingir interesse de transformar o produto em *commodity* internacional.

¹⁹⁸ Nesse montante não estão incluídos os custos de manutenção dos laboratórios. Segundo Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro, apenas para manter a temperatura e a umidade necessárias nos laboratórios, estima-se um custo de US\$ 1 mil/ m² (entrevista concedida em 11/04/2008).

¹⁹⁹ Algumas iniciativas devem ser mencionadas, como o desenvolvimento de modelo de eletrodo para atender às características específicas para a medição de pH em etanol, desenvolvido pela Dquim do Inmetro, em parceria informal com empresa nacional, bem como o desenvolvimento de técnica de medição de massa específica, para aplicação na caracterização de etanol, pelo Laboratório de Fluidos (Laflu), da Divisão de Metrologia Mecânica (Dimec) do Inmetro, em parceria com a Dquim.

A partir de então se passou a ter dimensão do bom momento para que fosse possível conceder à sociedade resultados adequados e chamar atenção para o caráter estratégico da metrologia. Apesar de positiva, por um lado, essa postura é também criticada por Romeu Daroda, por outro, por refletir uma das falhas presente na maioria dos organismos públicos – seu caráter reativo, em detrimento de uma postura prospectiva.

A estratégia adotada para atender a determinações específicas do governo federal partiu da iniciativa de tratar o tema biocombustíveis, dentro do Instituto, de forma horizontal²⁰⁰, promovendo interação entre diferentes Divisões, ou ramos, que compõem a metrologia científica no INM brasileiro – as tradicionais da metrologia mecânica e da térmica, além de novas áreas como a metrologia química e a metrologia de materiais²⁰¹.

O primeiro passo para o desenvolvimento da estratégia de produção do padrão para etanol combustível, pelo Inmetro, adveio da realização, no ano de 2005, de um ‘Painel Setorial’ específico para o tema, com a ampla participação dos principais atores envolvidos nas questões afetas à padronização do produto, ocasião em que foi possível identificar as necessidades para o desenvolvimento do MRC para etanol combustível.

De acordo com Humberto Brandi, Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro²⁰², foi dessa forma que o Instituto pôde introduzir metodologias até então inexistentes, tendo sido bem-sucedido no desenvolvimento do MRC para álcool anidro e hidratado, inicialmente

²⁰⁰ Esse tipo de condução das atividades se assemelha ao modo de estruturação do NIST, congênere norte-americano ao Inmetro. E tal mudança estratégica foi iniciada com a criação de uma Coordenação de Biocombustíveis, que ficou a cargo de Romeu Daroda, convidado para assumir o posto. Ex-diretor de P&D da Ipiranga, a vinda de Daroda representa também uma nova visão no Instituto, aproximando-se da iniciativa privada.

²⁰¹ A área da metrologia de materiais é uma das mais novas e cujo caráter estratégico vem sendo percebido pelos INMs dos países mais desenvolvidos. É onde, inclusive, têm se desenvolvido os avanços no campo da nanometrologia.

²⁰² Entrevista concedida em 03/03/08.

para cinco parâmetros²⁰³ – massa específica, condutividade eletrolítica, teor de água, teor alcoólico e pH, que foi finalizado em julho de 2007, passando a estar disponível à indústria no início de 2008²⁰⁴.

Tal disponibilização deve ser encarada como uma evidência da capacidade indutora do Estado enquanto fornecedor de investimentos em P&D no ramo da metrologia, num dado SNI. É a partir de desdobramentos desses investimentos que novas metodologias e o desenvolvimento do MRC puderam se concretizar, para a posterior transferência à indústria.

Vale ressaltar que a disponibilização – via comercialização – de cada MRC confeccionado, por embutir em si um avançado conteúdo tecnológico, representa possibilidade de ganhos com divisas advindas dessa comercialização para outros países, por um lado, bem como a economia na compra de MRC que seriam importados caso a estratégia de desenvolvimento local não houvesse sido bem-sucedida²⁰⁵. Êxito adicional deve ser ressaltado, qual seja o da transferência da tecnologia desenvolvida à indústria – evidência da atuação no campo da metrologia industrial, utilizando os avanços da metrologia científica para aplicação na indústria. Essa última passa a contar com um produto de alto conteúdo tecnológico, podendo agregar valor aos seus processos produtivos, já que, a partir desse desenvolvimento, possuirá instrumento confiável para mensurar suas análises de qualidade do combustível.

Para que tal disponibilização seja bem-sucedida, no caso brasileiro, é necessária, entretanto, a superação de alguns desafios. Em primeiro, estão aqueles mais delicados, que dizem respeito aos entraves burocráticos para a comercialização do MRC. O Inmetro, por ser uma Autarquia Federal, não possui, ainda, autorização para esse tipo de prestação de serviço. Prevê-se, contudo, que em breve tal entrave será equacionado. Ademais, o Instituto não possui estrutura para produção em série

²⁰³ A análise para outros parâmetros constantes da Resolução ANP 36/2005 estão em fase de finalização – conteúdo de cobre e acidez.

²⁰⁴ Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/mrc.asp>>, acesso em 17/01/08.

²⁰⁵ A título de ilustração, pequenas ampolas de 50ml de determinado MRC para um composto químico qualquer (pH, por exemplo), chegam a custar mais de US\$ 1 mil. Levando-se em consideração que são necessárias inúmeras ampolas para a realização de seguidas análises, pode-se imaginar o montante envolvido nesse ‘mercado’ de MRC.

de MRC, o que deverá ficar a cargo de algum laboratório acreditado pelo Inmetro – mais uma evidência da transferência da tecnologia desenvolvida pelo Instituto ao setor privado²⁰⁶.

Outro desafio a ser enfrentado é o treinamento e a capacitação de laboratórios para que venham a realizar as análises exigidas pela especificação ANP, sob demanda de produtores. A atuação nessa frente está, por um lado, prevista nas estratégias delineadas pelo governo federal para a TIB em biocombustíveis, via Projeto CELAB (ver Figura 6.1).

Em paralelo, em 2007, foi realizado o primeiro Ensaio de Proficiência²⁰⁷. Nessa ocasião foi possível analisar o desempenho dos laboratórios interessados com relação à sua capacidade de medição naqueles cinco parâmetros para álcool etílico anidro combustível, conforme estabelecidos no MRC²⁰⁸.

No total, 23 laboratórios participaram do ensaio e a maioria obteve bom desempenho com relação à medição de quase todos os parâmetros. Essa é uma informação importante, dado que representa o primeiro passo para o desenvolvimento futuro de um programa de certificação acreditada, para o que é necessária a existência de laboratórios capacitados que realizem análise para etanol combustível (estratégia na qual o governo está atuando por meio do Projeto CELAB, anteriormente mencionado). Atualmente, como pode ser observado na Tabela 6.2 e no Quadro 6.4, existem 10 laboratórios constantes da infra-estrutura laboratorial brasileira acreditados pelo Inmetro e que são voltados a análises de etanol combustível.

²⁰⁶ Informações fornecidas por Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro (entrevista concedida em 11/04/2008).

²⁰⁷ De acordo com o ISO/IEC Guide 43 (1997), ensaio de proficiência refere-se à determinação do desempenho de laboratórios quanto à realização de ensaios, por meio de comparações laboratoriais.

²⁰⁸ As palestras apresentadas no Fórum de discussão dos resultados do Ensaio de Proficiência em Álcool Etílico Anidro Combustível estão disponíveis em <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/profiAlcool.asp>>, acesso em 05/11/2007.

Tabela 6.2 – Laboratórios de ensaios acreditados pelo Inmetro segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (escopo inclui álcool etílico combustível)

Nº Acreditação	Laboratório	UF
CLF 0034	CTC – Centro de Tecnologia Canavieira – Laboratório de Análises	SP
CLF 0052	ISATEC – Laboratórios de Ensaios ISATEC	RS
CRL 0100	SENAI – Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro	BA
CRL 0135	Laboratório do Centro de Caract. e Desenv. de Materiais – UFScar	SP
CRL 0202	Laboratório de Combustíveis e Derivados - LABCOM/UFRJ	RJ
CRL 0204	Laboratório de Ensaios de Combustíveis - CETEC/LEC	MG
CRL 0207	Central Analítica do Inst. de Química da UNICAMP	SP
CRL 0243	Laboratório de Ensaios de Combustíveis - LEC-DQ/UFMG	MG
CRL 0249	Centro de Metrologia em Química / IPT	SP
CRL 0260	Laboratório de Combustíveis da UFPE	PE

Fonte: ANTUNES, J. (2007).

Quadro 6.4 – Laboratórios de ensaios acreditados pelo Inmetro segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 (escopo inclui álcool etílico combustível), por parâmetro analisado

	CLF 0034	CLF 0052	CRL 0100	CRL 0135	CRL 0202	CRL 0204	CRL 0207	CRL 0243	CRL 0249	CRL 0260	Total
Condutividade Eletrolítica	X	X	X	X	X		X		X	X	8
Acidez Total	X										1
Aspecto	X		X	X	X		X		X	X	7
Alcalinidade	X										1
pH	X	X	X	X	X		X	X		X	8
Cor	X		X	X			X		X	X	6
Massa Específica	X	X			X	X	X	X	X	X	8
Teor alcoólico	X	X	X		X	X	X	X	X		8
Teor de sódio	X										1
Teor de água	X										1
Teor de hidrocarbonetos	X		X	X	X		X	X	X		7
Teor de cobre e ferro	X										1
Total	12	4	6	5	6	2	7	4	6	5	57

Fonte: ANTUNES, J. (2007).

Em nível internacional, as atividades desenvolvidas pelo Inmetro até o momento representam o primeiro passo para conclusão do MRC internacional para etanol combustível, avançando no processo de ‘*commoditização*’ do produto. Para tanto, a cooperação com o seu congênere norte-americano, NIST, é fundamental, pois a parceria entre os dois maiores produtores de etanol combustível concederá a necessária credibilidade ao MRC.

Enquanto o MRC elaborado pelo Inmetro dá rastreabilidade ao Instituto, aquele a ser elaborado em conjunto com o NIST carregará a certificação de ambos os Institutos, com rastreabilidade mais ampla e maior reconhecimento internacional²⁰⁹. Segundo Humberto Brandi, Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, a importância do MRC conjunto envolve a concessão de confiabilidade e credibilidade, dada pela rastreabilidade internacional, evitando a necessidade de repetição de análises e medições. Quando não existe MRC para determinado produto químico, a indústria realiza suas próprias análises, mas não tem como contra-argumentar caso o importador alegue haver algum erro nessas análises e medições. Já com o padrão, ou MRC internacional, agrega-se credibilidade ao produto e há bases técnicas concretas para a realização de discussões a respeito dos resultados das análises conduzidas.

No caso da indústria de etanol combustível, feito adicional deve ser destacado. Será o primeiro MRC em nível internacional no qual o INM brasileiro – o Inmetro – em cuja elaboração terá participado diretamente, o que significa um ganho tecnológico significativo para o Brasil²¹⁰. O país foi, dessa forma, bem-sucedido no desenvolvimento tecnológico de um ‘produto’ – o MRC – atendendo a seus interesses específicos, ao invés de simplesmente importar similares que não necessariamente viessem a atender suas particularidades.

Outro diferencial que vem sendo vislumbrado como parte da estratégia brasileira de se antecipar frente a seus concorrentes externos no que diz respeito à busca por maior competitividade do etanol combustível e por consolidação de sua posição de liderança nesse mercado, e que também está relacionado às atividades envolvidas na temática da metrologia e da padronização técnica, é

²⁰⁹ O NIST iniciou, em 2008, suas análises laboratoriais sobre o MRC desenvolvido pelo Inmetro e, diante de seus resultados, e da devida comparação entre estes e aqueles obtidos pelo Inmetro, poderá ser possível a certificação conjunta do MRC pelos dois Institutos.

²¹⁰ Note-se que, de acordo com Humberto Brandi, Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro, um padrão já havia sido confeccionado pelo Inmetro, no campo de dureza, em parceria com a empresa Mitutoyo, e no que diz respeito a MRCs (especificamente na área de química), dois MRCs também foram confeccionados pelo Instituto – para etilômetro (bafômetros) e para cachaça. Ambos, entretanto, ficaram restritos ao mercado nacional. O MRC para etanol combustível será o primeiro a atingir *status* internacional (entrevista concedida em 03/03/2008).

referente à proposta de programa de certificação do produto²¹¹. Vale lembrar que tal estratégia também visa a superação das críticas dirigidas ao produto brasileiro, com relação aos impactos sócio-ambientais negativos (seção 4.4), conforme se discute a seguir.

6.3.3 Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis (PBCB)

O Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis (PBCB) foi proposto como política de governo, sob condução do Inmetro e contando com a cooperação de representantes de diversos atores, como produtores e exportadores de etanol, institutos de pesquisa, dentre outros. De forma resumida, o PBCB foi vislumbrado:

“(…) visando principalmente a apoiar as exportações brasileiras de biocombustíveis, através de um processo de certificação, voluntário e internacionalmente reconhecido, que demonstre não apenas aspectos da qualidade intrínsecos ao produto, como conteúdo energético e impurezas, mas principalmente aspectos de sustentabilidade ambiental e social ligados à sua produção” (INMETRO, 2007b, p. 3).

Uma primeira minuta do programa foi elaborada pelo Inmetro, tendo sido objeto de debate durante o ‘Painel Setorial Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis: A Perspectiva do Sistema Produtivo’²¹², em julho de 2007. É interessante notar que diferentes pontos surgiram durante as discussões, ocasião em que pôde ser observada uma tendência – não unânime, mas bastante convergente – à defesa da implementação de um mecanismo de certificação de biocombustíveis.

²¹¹ Vale esclarecer que a política de governo é mais ampla, dirigindo-se à certificação de biocombustíveis, incluindo, portanto, o biodiesel.

²¹² Mais informações, bem como as palestras apresentadas, podem ser obtidas no seguinte endereço eletrônico: <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/painelBio.asp>>, acesso em 25/10/2007.

Tal defesa, segundo observações realizadas no evento, é justificada pela necessidade de neutralizar as críticas que vêm sendo dirigidas ao papel estratégico dos biocombustíveis para a política energética dos mais diversos países no mundo. Estas críticas, a despeito do amplo entendimento acerca da contribuição destes combustíveis para a diversificação da matriz energética mundial, visando minorar impactos sobre o aquecimento global e sobre conflitos geopolíticos envolvidos na produção do petróleo, versam, principalmente, sobre as condições sócio-ambientais e trabalhistas sob as quais a produção de biocombustíveis vem se desenvolvendo (ver seção 4.4). O processo de certificação, sustenta-se, pode representar uma oportunidade estratégica rumo à neutralização dos aspectos negativos.

Durante o Painel, pelo lado do governo brasileiro, a defesa da certificação foi notória²¹³. A visão da indústria não foi unânime, reacendendo o debate sobre a importância do mecanismo da certificação. De um lado, defendeu-se a implantação do Programa. De outro, foram levantadas ressalvas quanto a uma possível precipitação do Brasil na elaboração de um programa de certificação de biocombustíveis, que poderia gerar um efeito negativo – de representar um piso para exigências mais restritivas mais tarde. Nessa visão, esforços deveriam ser concentrados na elaboração do padrão para o etanol, dada a complexidade do programa de certificação, e a necessidade de aceitação por parte dos mercados compradores²¹⁴.

Outros pontos sensíveis que devem ser analisados durante a elaboração do PBCB, e que refletem preocupações do setor privado, referem-se aos custos envolvidos no processo, à possibilidade de utilização de organismos geneticamente modificados (OGM), de particular interesse da indústria, o imperativo de que o caráter do programa seja voluntário (há ressalvas até mesmo de

²¹³ Representado pelo Assessor Especial da Presidência da República para Assuntos Internacionais, Marco Aurélio Garcia. Essa ampla defesa foi também compartilhada por Paulo Francisco de Siqueira Costa, Secretário Executivo da IETHA, e pelo Embaixador Antonio Simões, à época representante brasileiro no FIB.

²¹⁴ Tais ressalvas foram levantadas por Marcos Jank, presidente da UNICA.

que a concessão de vantagens associadas a financiamento venham a ser atreladas à adesão ao programa), que considere todas as matérias-primas envolvidas²¹⁵.

Outros atores defendem o mecanismo de certificação, e a implementação do PBCB. A Certificadora SGS²¹⁶, por exemplo, já vem realizando, a pedido de mercados compradores, inúmeras certificações, ainda que não exista um mecanismo formal de escopo internacional. Dado que no mundo já existem algumas iniciativas rumo à implementação de mecanismo de certificação para o tema, e diante da demanda mundial por este tipo de ferramenta, torna-se premente que o Brasil se antecipe a tais discussões para possuir diferencial competitivo frente a seus concorrentes.

A iniciativa brasileira de implantação da certificação acreditada, estipulando os parâmetros de seu interesse que devem constar do referido mecanismo, ainda que diante de algumas ressalvas por parte da iniciativa privada, se mostra como estratégica, sob risco de que mais tarde as exigências dos mercados compradores, sem tradição ou experiência sobre a produção de biocombustíveis, venham a definir o escopo de tal ferramenta.

Essa conclusão vai ao encontro da proposta de Gregersen (1992) que, ao analisar o caso específico da introdução de regulamentação técnica de cunho ambiental, aponta como algumas exigências restritivas introduzidas de forma antecipada acabaram concedendo vantagem significativa às firmas daquele país frente a seus concorrentes, diante do diferencial de qualidade atribuído por mercados compradores àquele produto.

²¹⁵ O Presidente da UNICA chegou a defender a existência de programa de certificação em nível internacional de caráter mais ampliado, dirigindo-se a todos os combustíveis, já que, em seu ponto de vista, aqueles de origem fóssil ensejam problemas ambientais, sociais e políticos bem mais evidentes e não vêm sendo alvo de tanta crítica quanto vem ocorrendo com os biocombustíveis.

²¹⁶ Representada no Painel por Rosemary França Vianna.

Os impasses políticos, contudo, concederam certa delonga ao desenvolvimento do PBCB, o que poderia vir a configurar-se como caso em que delongas na adoção do padrão impõem entraves sobre a competitividade do setor. No intuito de minorar esse tipo de efeito negativo, uma primeira versão de Regulamento de Avaliação da Conformidade para Etanol Combustível foi elaborada pelo Inmetro e nova discussão sobre o tema está prevista para ocorrer em agosto de 2008, com expectativa de iniciar as atividades de certificação do etanol brasileiro ainda este ano²¹⁷.

Já no que se refere à padronização do produto no mercado internacional, este processo vem sendo conduzido em ritmo acelerado, conforme será discutido a seguir.

6.4 Padronização do etanol combustível no mercado internacional:

Dado o caráter estratégico da padronização internacional para etanol combustível, conforme discutido até aqui, é natural que o tema venha atraindo diversos atores, que vêm se articulando com vistas a promover os interesses de produtores e consumidores de etanol combustível. É nesse contexto que se destaca o estabelecimento de duas entidades – a *International Ethanol Trade Association* (IETHA)²¹⁸ e o Fórum Internacional de Biocombustíveis (FIB).

A IETHA, organização global criada em outubro de 2006 e que atualmente congrega representantes de todos os setores que participam do comércio internacional de etanol combustível, procurando promover o fortalecimento e a ampliação deste mercado ainda incipiente, estabeleceu algumas forças-tarefa e seus avanços já podem ser contabilizados. Em outubro de 2007, a IETHA divulgou o contrato padrão para comercialização FOB de etanol combustível²¹⁹, além de

²¹⁷ Informações fornecidas por Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro (entrevista concedida em 11/04/2008).

²¹⁸ Ver: <<http://www.ietha.org/ethanol/>>, acesso em 27/10/2007.

²¹⁹ Disponível em: <<http://www.ietha.org/ethanol/docs/IETHA-STANDARD-CONTRACT-OCT-1st-2007.pdf>>, acesso em 27/10/2007.

especificações técnicas – uma para etanol anidro e outra para etanol hidratado – sugeridas para serem seguidas por produtores destes combustíveis²²⁰.

Todas as normas utilizadas como base para tais especificações são aquelas desenvolvidas pela brasileira ABNT e pela norte-americana ASTM, o que apresenta um indicativo da liderança brasileira na elaboração de métodos analíticos para etanol combustível.

As especificações estipuladas pela IETHA representaram importante primeiro passo rumo à padronização dos dois tipos de etanol combustível, entretanto cabe ressaltar que tal iniciativa se deu em um contexto de inexistência de padrões internacionais para o produto. Desde a apresentação dessa iniciativa, outras ações foram implementadas para a efetiva concretização da estratégia de padronização internacional para o etanol, contando com a participação da IETHA²²¹.

A intensificação nas discussões sobre o tema e sobre a própria tentativa de estabelecimento de especificações técnicas em âmbito internacional, por parte de organismos como a IETHA, mostram os avanços já obtidos rumo ao processo de ‘*commoditização*’ do etanol combustível. Duas frentes, entretanto, são fundamentais para que este processo avance. A primeira refere-se ao estabelecimento de normas internacionais para o combustível, e a segunda ao estabelecimento de material de referência certificado (MRC), capaz de conceder maior confiabilidade aos requisitos exigidos pelas normas técnicas.

O FIB foi criado em março de 2007²²², inicialmente como um projeto conjunto de Brasil, EUA, União Européia, mais tarde tendo incluído China, Índia e África do Sul, maiores produtores e consumidores mundiais de biocombustíveis. Representantes desses países concordaram em discutir,

²²⁰ Disponível em: <<http://www.ietha.org/ethanol/docs/IETHA-RECOMMENDED-SPECS-OCT-1st-2007.pdf>>, acesso em 27/10/2007.

²²¹ Informações fornecidas por José Félix da Silva Júnior, da UNICA/Copersucar, em entrevista realizada no dia 29/04/2008.

²²² Apesar de sua criação em março de 2007, a declaração formal desta criação ocorreu apenas em julho de 2007. Ver: <<http://www.wilsoncenter.org/news/docs/Brazil.Declaration%20Intl%20biofuels%20forum.pdf>>, acesso em 27/10/2007.

nesse fórum, estratégias voltadas à promoção da produção e consumo de biocombustíveis de forma sustentada em todo o mundo.

De acordo com o Embaixador Brasileiro nos EUA, Antonio Patriota, o Fórum não deve ser entendido como uma nova organização internacional, mas como um mecanismo voltado a uma coordenação mais próxima entre os maiores atores no tema, visando o estabelecimento de padrões comuns e a ‘*commoditização*’ de biocombustíveis, para que possam vir a ser comercializados da mesma forma que o petróleo vem sendo²²³.

A esse respeito, a análise recai sobre a publicação, em dezembro de 2007, do “Livro Branco sobre Padrões Internacionalmente Compatíveis para Biocombustíveis”, elaborado pela força-tarefa tripartite organizada no âmbito do FIB (composta por EUA, Brasil e UE)²²⁴. O objetivo do ‘Livro Branco’ voltou-se à definição de parâmetros de qualidade para biocombustíveis, por meio da harmonização de três aspectos: das especificações técnicas de Brasil, EUA e UE; das unidades de medida utilizadas nessas especificações; nos métodos de ensaio utilizados para realização das análises.

As conclusões do documento foram na direção da observação de que as especificações para etanol dos três maiores atores do setor – Brasil, EUA e UE –possuem diversas similaridades, justamente diante do fato de que as dos dois últimos foram elaboradas com base na especificação brasileira. As diferenças existentes são em larga proporção devido a questões particulares de mercado, como condições climáticas e matéria-prima utilizada (FIB, 2007). A harmonização de unidades utilizadas foi considerada passível de entendimento; entretanto, a discussão sobre métodos de ensaio – de teor mais delicado²²⁵ – ficou para uma segunda etapa.

²²³ Em: <http://www.un.org/News/briefings/docs/2007/070302_Biofuels.doc.htm>, acesso em 27/10/2007.

²²⁴ É importante mencionar os representantes brasileiros que participaram da elaboração do documento: Emerson Kloss (Ministério das Relações Exteriores); José Félix da Silva Júnior (UNICA e Copersucar); Marcos N. Eberlin (Instituto de Química/Unicamp); Romeu José Daroda (Inmetro); Sergio Antonio Monteiro Fontes (Petrobras); Cristina Almeida Rego Nascimento (ANP); Henry Joseph Junior (ANFAVEA).

²²⁵ De fato, de acordo com José Félix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar este é o ponto mais delicado das discussões. Em sua visão, o trabalho de harmonização deveria se centrar nas especificações e unidades, deixando para que cada país estipulasse que métodos irá utilizar para atender às especificações técnicas definidas.

Foram identificadas 16 especificações técnicas existentes nos três mercados, dentre as quais 9 foram consideradas alinhadas, 6 passíveis de alinhamento no curto prazo e apenas uma considerada como de difícil alinhamento, como pode ser observado no Quadro 6.5 a seguir.

Quadro 6.5 – Especificações técnicas para etanol combustível: comparação entre os principais mercados (Brasil, EUA e EU)

Categoria A Semelhanças	Categoria B Diferenças significativas	Categoria C Diferenças fundamentais
Cor	Conteúdo de etanol	Conteúdo de água
Aparência	Acidez	
Densidade	Conteúdo de fósforo	
Conteúdo de sulfato	pHe	
Conteúdo de sulfúrico	Goma / Resíduo de Evaporação	
Conteúdo de cobre	Conteúdo de clorido	
Conteúdo de ferro		
Conteúdo de Sódio		
Condutividade eletrolítica		

Fonte: Elaboração própria, com base em FIB (2007).

O documento conclui, ainda, que não há especificação técnica que imponha maiores entraves ao comércio ou que venha a representar uma barreira técnica ao comércio. Apesar dessa observação, é reconhecido que uma das exigências europeias – relativa ao conteúdo de água, considerada a questão técnica mais delicada pela força-tarefa do FIB – impõe custos adicionais e possível perda de produtividade para produtores norte-americanos e brasileiros, dada a necessidade de incorrer em etapa adicional no processo produtivo, associada à desidratação do combustível. De acordo com José Félix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar, estima-se uma perda entre 7% e 20% da produção no atendimento à exigência europeia²²⁶.

²²⁶ Entrevista concedida em 18/04/2008.

É interessante notar o reconhecimento, por parte dos responsáveis pela elaboração do documento, do posicionamento de liderança do Brasil perante seus parceiros comerciais – EUA e União Europeia –, como pode ser observado a partir da seguinte passagem:

“Entre as três regiões, o comércio de etanol previsto para o futuro deverá consistir de o Brasil exportando para EUA e UE, e EUA exportando para a UE. É improvável que a UE venha a exportar etanol ou que o Brasil importe grandes quantidades de etanol em uma base regular. Quando tal realidade é considerada, permite que muitas das aparentes diferenças técnicas sejam vistas de outra forma, já que muitos dos parâmetros da especificação Brasileira são mais rigorosos que na UE ou nos EUA. Portanto, a necessidade de harmonizar as especificações desaparece, o que permitiu à força-tarefa priorizar seus esforços”. (FIB, 2007, p. 85, tradução nossa).

A liderança brasileira no que diz respeito à elaboração de padrões técnicos para etanol combustível, atuando como base para a elaboração das especificações dos dois parceiros enseja aspecto que deve ser ressaltado, por corroborar argumento proposto por Gregersen (1992), introduzido no Capítulo 2, a respeito da vantagem competitiva proporcionada pelo setor público ao introduzir, à primeira vista, uma rígida regulação, mais tarde também adotada por parceiros comerciais.

Em conclusão, o ‘Livro Branco’, ao sustentar que o fluxo de comércio de etanol combustível tem muito a se beneficiar a partir da aplicação de especificações técnicas similares, recomenda a elaboração de normas técnicas internacionais para o produto, de acordo com alguns parâmetros elencados no documento.

A esse respeito, é importante notar que o *Technical Management Board* (TMB) da ISO, a partir de iniciativa da ABNT, aprovou, ao final de 2007, a criação, no Comitê Técnico para Combustíveis (TC-28), do subcomitê 7, específico para biocombustíveis líquidos, no âmbito do qual deverão ser desenvolvidas as normas técnicas internacionais para etanol combustível – e também para biodiesel. O novo subcomitê iniciou seus trabalhos no início de 2008, ainda em caráter informal, tendo a ABNT assumido a coordenação do comitê, o que corresponde à liderança política e técnica do

mesmo, enquanto a ANSI (representante dos EUA na ISO) assumiu a secretaria do comitê, para condução dos trabalhos normativos; a ANP, por sua vez, conduzirá as atividades relacionadas a biodiesel. A primeira reunião do Comitê – em caráter informal – ocorreu ao final de maio, na Argentina e existe a intenção de que a primeira reunião oficial do ISO/TC 28/SC 7 seja realizada no Brasil, em meados de outubro de 2008²²⁷.

De acordo com Marcia Cristina de Oliveira, Secretária Executiva da ABNT, ainda não está claro que formato as normas elaboradas no âmbito desse subcomitê irão apresentar – podendo tratar-se de uma norma mais geral (estilo ‘guarda-chuva’), ou se será mais detalhada, decisão essa que deverá ser realizada na plenária de setembro. Na visão de José Félix da Silva Junior, da UNICA/Copersucar, os trabalhos conduzidos no âmbito da ISO ocorrem, em geral, de forma muito lenta. O especialista defende que, nesse sentido, os trabalhos do FIB poderiam conceder maior agilidade ao processo, por congregarem os principais atores do mercado internacional de biocombustíveis.

O primeiro documento divulgado pelo FIB de fato apresenta notória importância. Com base em suas conclusões, Inmetro e NIST reuniram-se, em janeiro de 2008, para decidirem que parâmetros irão constar do MRC para etanol combustível, bem como para biodiesel, e para o estabelecimento das ações a serem conduzidas por cada Instituto com vistas a procederem à conclusão do referido MRC – prevista para o final de 2008. Como fruto da parceria com o NIST, O Inmetro enviou 104 amostras de etanol combustível para aquele Instituto, que, por sua vez, enviou ao Inmetro 104 amostras de biodiesel – cada Instituto realizará suas análises acerca das amostras preparadas pela outra contraparte, no intuito de comparar os resultados das medições realizadas²²⁸

²²⁷ Informações fornecidas por Márcia Cristina de Oliveira, Vanessa Ramos e Cláudio Guerreiro, da ABNT (entrevista concedida em 19/05/2008).

²²⁸ Em abril, a parceria foi ampliada, incluindo a UE nas discussões sobre o tema. Informações fornecidas por Romeu Daroda, Coordenador de Biocombustíveis do Inmetro (entrevista concedida em 11/04/08).

Após essa intercomparação entre Inmetro e NIST, prevê-se que esteja pronto o MRC conjunto Inmetro-NIST, a ser posteriormente utilizado na realização de comparação interlaboratorial em nível internacional. Assumindo-se que avanços sejam conduzidos no âmbito da ISO para elaboração da norma internacional para o produto, espera-se que, com a adequada especificação técnica e a base de sustentação metrológica dada pelo MRC, o processo de transformação do etanol combustível em *commodity* internacional – ao menos no que se refere à padronização do produto – esteja próximo de ser concluído.

Importante iniciativa nesse sentido é o Projeto BIOREMA, que congrega, além do Inmetro, outros INM de países interessados, como o NIST (EUA), NPL (Inglaterra) e NMI (Holanda), para o desenvolvimento de análises interlaboratoriais para etanol combustível – assim como para biodiesel. Para a condução dessa iniciativa, é importante que o MRC conjunto Inmetro-NIST esteja concluído, pois constituirá a base de comparação entre os laboratórios. Após a finalização dessa intercomparação laboratorial, prevê-se que o MRC produzido por NIST e Inmetro atinja patamar de reconhecimento internacional, podendo ser fornecido em escala comercial para outros mercados. Esse é um importante avanço, colocando o Brasil na vanguarda no desenvolvimento tecnológico e industrial²²⁹, ao lado de países mais desenvolvidos, que dominam o mercado de MRC no mundo²³⁰ – um mercado ainda não muito discutido na economia, mas com incalculável potencial dado o conteúdo tecnológico desses artefatos, bem como a geração de divisas que o acompanha.

²²⁹ Informações fornecidas por Humberto Brandi, Diretor de Metrologia Científica e Industrial do Inmetro (entrevista concedida em 03/03/2008)

²³⁰ Segundo informações constantes na maior base de dados de MRC existentes no mundo, a COMAR (<<http://www.comar.com.de>>), cerca de 95% do total foi desenvolvido por países mais avançados.

6.5 Conclusão

Apesar da vasta experiência brasileira na condução de política de apoio à indústria de etanol combustível, que ultrapassa já mais de 30 anos, aspectos relacionados à metrologia – a base para um bem-sucedido processo de padronização técnica – não fizeram parte dos esforços políticos iniciais voltados aos investimentos para apoio à indústria canavieira, o que passou a acontecer apenas a partir de 2002. Sustenta-se aqui o argumento de que a negligência de promoção de atividades voltadas para a padronização tecnológica dessa indústria representou importante entrave, com potenciais reflexos negativos sobre sua competitividade, o que ficou mais visível a partir do momento em que o país deixou de ser o maior produtor de etanol combustível, e se deparou com entraves no comércio internacional de etanol combustível, resultantes de disparidades nas especificações técnicas exigidas para o produto.

E foi justamente a partir da percepção de que um importante desafio precisava ser superado, que vultosos investimentos passaram a ser realizados, no âmbito do INM brasileiro – o Inmetro – no intuito de avançar na produção do MRC – o padrão – para etanol combustível. Defende-se, ainda que, se tal iniciativa não houvesse sido empreendida, o MRC do produto seria obtido exclusivamente pelo INM norte-americano, o NIST, e o Brasil perderia a chance de avançar em mais esse desenvolvimento tecnológico.

A partir da forte estratégia conduzida, que contou com investimentos em P&D da ordem de R\$ 11 milhões, acumulados em seis anos, o Brasil vem sendo bem-sucedido na formulação do padrão internacional para etanol combustível, com efeitos significativos sobre a competitividade do produto. Em paralelo, o país avança rumo à introdução do primeiro programa para certificação de etanol combustível – incluída no Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis – o que certamente representará vantagem competitiva adicional à indústria, permitindo diferencial de

produto – o que corresponderá a uma inovação perante seus concorrentes – e ganhos de competitividade.

Dessa forma, destaca-se que a elevação do país à liderança na padronização internacional – ao contrário do que vinha ocorrendo, com a mera importação de MRC de outros países –, exercendo fortes influências nas atividades de seu interesse, como é o caso da indústria de etanol combustível, se mostra como importante iniciativa política a ser conduzida em outros setores selecionados, também de acordo com os interesses do país e da sociedade.

CONCLUSÃO

As evidências e as informações coletadas no estudo de caso sobre a indústria brasileira de etanol combustível, de acordo com o arcabouço teórico utilizado, permitiram corroborar os pressupostos levantados na literatura sobre a importância das atividades exercidas pelo Estado no âmbito da padronização técnica e da metrologia para a construção de sistemas de inovação, seja em caráter nacional ou setorial (SNI e SSI), e, conseqüentemente, para a competitividade industrial.

Um dos primeiros resultados que chama atenção refere-se à comprovação da importância de investimentos em P&D e em inovação em países em desenvolvimento, voltados a tecnologias que atendam a seus interesses, particularidades e principais vocações – incluindo a agricultura. Essa premissa vai de encontro a posicionamentos mais conservadores, que restringem o dinamismo inovador a setores de cunho exclusivamente industrial, associado estritamente a países mais avançados – limitando países em desenvolvimento a um *status* de meros importadores de tecnologia.

A análise sobre a indústria selecionada demonstrou ser possível a um país menos desenvolvido avançar no desenvolvimento tecnológico e inovador, por meio do aproveitamento de janelas de oportunidades abertas, como foi o caso da crise econômica da década de 1970, deflagrada por uma crise de caráter energético, suscitando a necessidade da busca por fontes alternativas de energia. Tal aproveitamento foi possível a partir do forte apoio governamental, contribuindo para o que pode ser considerada uma mudança paradigmática no setor de combustíveis.

O Estado exerceu, de fato, papel predominante no desenvolvimento inicial da agroindústria canavieira, quando de sua condição de indústria nascente. A participação de atores dos mais diversos escopos na evolução dessa indústria marca, ademais, a relevância de análises que entendem o fenômeno da inovação com base em uma dinâmica sistêmica, sustentando o segundo pressuposto adotado na pesquisa.

Resumidamente, os investimentos em P&D e em inovação, em diferentes elos da cadeia da indústria brasileira de etanol combustível, ilustrados ao longo do Capítulo 5, permitem corroborar alguns aspectos teóricos introduzidos no Capítulo 1 – acerca da importância de se investir em P&D e em inovação; a importância dessas atividades para países em desenvolvimento, de acordo com suas particularidades; a evolução tecnológica também de setores agro-industriais, em contraponto a argumentos conservadores que associam desenvolvimento tecnológico a única e exclusivamente setores industriais; e, por último, a importância do papel do Estado nesse processo de construção de ambiente pró-inovação.

A abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), nessa dinâmica, mostrou sua adequação à análise proposta e permite estender o argumento, de forma a chamar a atenção para o caráter estratégico de políticas públicas que promovam a construção de sistemas de inovação sustentáveis, seja em seu caráter nacional ou setorial.

Em particular, o estudo de caso permitiu uma das principais contribuições da tese – associadas ao terceiro pressuposto assumido, qual seja o papel de destaque de agências públicas dedicadas às atividades envolvidas na metrologia e no processo de padronização técnica num dado SNI, expressando sua natureza indutora e sua relevância na criação de oportunidades para a atividade inovadora. Tal fato suscita a necessidade do estabelecimento de estratégias específicas para esse tipo de atuação, e nesse sentido, políticas públicas que visem a construção de SNI e SSI sustentáveis devem considerar e implementar atividades relacionadas à metrologia e à padronização técnica.

Contudo, a defesa do caráter estratégico da atuação de agências governamentais dedicadas a atividades relacionadas à metrologia e à padronização técnica, e da sua inclusão nos investimentos envolvidos na construção de SNI, não significa a proposição de modelos para tal construção. Ainda que sua importância seja aqui sustentada, vale frisar que essa atuação deve atender às especificidades das realidades onde se pretende atuar. Particularmente com relação ao SSI para etanol combustível,

sobressaiu o caráter complementar entre agricultura e indústria, com realidades diferentes que suscitaram também estratégias distintas por parte de agências governamentais – dada a necessidade de envidar esforços no fornecimento de investimentos para os dois pilares.

Nesse contexto, longe de procurar defender a existência de instituições-padrão passíveis de réplica, o caso da indústria brasileira de etanol combustível oferece exemplo emblemático de como a padronização técnica e a metrologia ofereceram importante influência sobre a capacidade inovadora e a competitividade da mesma, devendo consistir, portanto, importantes componentes de um dado SNI, nos moldes mais aplicáveis à realidade do contexto considerado.

A pesquisa sobre a evolução dessa indústria remontou à década de 1970, quando foram traçadas as bases do que viria a se constituir no SSI para etanol combustível, cujos principais componentes foram identificados no estudo de caso, consistindo em mais uma contribuição da tese. A partir dessa identificação e de realização do devido paralelo com as questões atuais que permeiam o tema, procurou-se atentar para o fato de que a ausência de um investimento mais pungente em atividades metrológicas e de padronização técnica criou determinados entraves à competitividade da indústria no início desse século²³¹, que passaram a ocupar, então, o cerne das políticas mais recentes dirigidas ao setor, via a construção das estratégias em TIB para biocombustíveis.

Esses entraves puderam ser percebidos a partir do momento em que se deu início ao processo de internacionalização da indústria, incentivada por uma conjuntura extremamente favorável, diante de preocupações, em nível internacional, com meio-ambiente e com fontes alternativas de energia, em face das sucessivas quebras de recorde atingidas pelo preço do petróleo, nos anos de 2007 e 2008.

²³¹ É interessante introduzir a crítica colocada pela Prof^a. Adelaide Antunes do Instituto de Química da UFRJ, para quem a falta de investimentos públicos, especialmente em desenvolvimento tecnológico, nos idos da década de 1980 e 1990, prejudicou o que denomina de Proálcool II, baseado em etanol produzido a partir do bagaço da cana – tecnologia que já poderia estar madura, se antecipando à época aos concorrentes que, atualmente ameaçam a posição de liderança brasileira. Outra crítica refere-se à intenção não atingida do Proálcool, com relação à redução nas disparidades de renda, o que talvez possa vir a ser conseguido com o Programa Nacional de Biodiesel (ANTUNES, A. 2007).

A partir daí ficou claro que, ainda que se considere a tradição brasileira na formulação de regulamentos técnicos para etanol combustível, iniciada em fins da década de 1970 com o CNP, e que vem sendo, mais recentemente, conduzida de forma bastante eficiente pela ANP, a ausência de uma base metrológica para sustentar a atividade de regulamentação técnica tornou-se evidente.

A necessidade de padrões técnicos adequados ao produto tornou-se mais premente justamente quando a estratégia de transformar o etanol combustível em *commodity*, dado que o mercado internacional para o produto – notadamente composto por países mais desenvolvidos, em sua maioria – apresenta já tradicional atuação na área metrológica, com amplo entendimento da importância dessa Ciência (ainda que não especificamente no setor de etanol combustível, cuja liderança brasileira é realmente notável). Essa tradicional atuação deve ser ressaltada, já que a sua inexistência configura uma das muitas faces do subdesenvolvimento.

Tal argumento também é corroborado por Freeman (1992), ao analisar a perda de liderança da Inglaterra frente à Alemanha e aos EUA no início do século XX, cujas raízes o autor afirma consistir em sua delonga na implementação de instituições formais dedicadas à P&D, dentre as quais concede proeminência aos institutos nacionais de metrologia (INM).

O Brasil, por sua vez, apresenta delonga ainda mais considerável – cerca de quase 100 anos para o estabelecimento de seu INM, o Inmetro, e ainda mais para entender a necessidade de o INM investir em P&D, consistindo no quarto pressuposto da tese. Esse entendimento vem ocorrendo apenas no presente século, diante da íntima relação entre metrologia e C&T e inovação, bem como de seu caráter de bem-público.

Os aspectos burocráticos dos organismos públicos nacionais, contudo, impõem obstáculo à atuação do INM brasileiro. A título de exemplo, pode ser mencionada a dificuldade para a comercialização do MRC de etanol combustível desenvolvido pelo Inmetro. Como Autarquia Federal, o Inmetro não possui condição para comercialização de produtos (e o MRC deve ser assim

encarado), entrave que vem sendo alvo de longa análise, no intuito de chegar à sua superação o mais rápido possível, para permitir a necessária transferência de tecnologia à indústria, conforme discutido no Capítulo 6.

Faz-se necessário, nesse momento, realizar algumas considerações mais específicas sobre o papel da padronização técnica e da metrologia como ferramentas para a inovação e a competitividade. Para tanto, ênfase foi direcionada às atividades desempenhadas pela ANP e pelo Inmetro, uma vez que o foco recai sobre agências de natureza pública.

No que diz respeito às especificações técnicas exigidas pela ANP, bem como às suas sucessivas revisões, ressaltam-se as oportunidades criadas para que as firmas investissem em inovação, já que significativos investimentos são necessários para que os produtores de etanol combustível pudessem atender às exigências da Agência. Muitas vezes, foi preciso avançar na tecnologia de processo de modo a obter a qualidade exigida pela regulamentação para o produto. Conforme discutido no Capítulo 6, esse foi o caso específico da introdução de especificação técnica para álcool hidratado, a partir de quando produtores tiveram que investir em desenvolvimento tecnológico para o cumprimento das exigências técnicas.

Ressalta-se, ademais, o caso da empresa fornecedora de bens de capital Dedini Indústrias de Base S/A, que – conforme debatido no Capítulo 5 – vem investindo em P&D e em inovação de modo a permitir que as plantas fabris fornecidas pela empresa atendam às especificações da ANP e produzam um etanol de qualidade elevada. Dessa forma, uma determinada revisão no regulamento técnico pode influenciar de modo fundamental novos progressos tecnológicos no setor, e, por outro lado, é natural que novos métodos analíticos desenvolvidos também requeiram uma revisão no regulamento em vigor.

Outras regulamentações da ANP também exerceram influências importantes sobre a inovação da indústria, como a exigência de adição de corante laranja ao álcool anidro, que demandou

investimentos em desenvolvimento tecnológico por parte da indústria do setor químico, para o atendimento àquela exigência.

Esses são pontos fundamentais quanto à atuação dos marcos regulatórios atuantes no ambiente de seleção das inovações introduzidas pelo mercado e também para a difusão das inovações introduzidas pela indústria, pois a partir do momento em que alguns desenvolvimentos tecnológicos são incluídos em uma exigência técnica de caráter compulsório, aquela inovação ali embutida é naturalmente difundida para outros produtores – e até outros países.

Por outro lado, a atuação da ANP – e aqui também merece atenção a da ABNT – em fóruns internacionais que atuam na definição de especificações técnicas para etanol combustível, representando os interesses de produtores brasileiros, exerce importante influência sobre a competitividade da indústria. Tal observação está em consonância com a conceituação acerca da competitividade dinâmica introduzida no Capítulo 1, que compôs um dos pilares da discussão conduzida, associando o poder de mercado de uma empresa, e, portanto, sua competitividade, à sua capacidade efetiva de definir e implementar as normas tecnológicas de funcionamento de um determinado mercado.

Sustenta-se que a indústria de etanol combustível brasileira está incluída no conjunto acima, perseguindo estratégia ambiciosa de exercer liderança por meio da definição do padrão que balizará todo o comércio futuro do produto.

Dada essa histórica liderança brasileira na produção de etanol combustível, houvessem sido realizados, em paralelo, investimentos públicos no desenvolvimento do padrão, o MRC, para o produto, o país já possuiria vantagem competitiva adicional, até porque tal ‘artefato’ enseja desenvolvimentos tecnológicos de ponta, além de possuir potencial significativo para geração de divisas.

E nesse momento é ressaltada a atuação do INM brasileiro, o Inmetro, sobre a capacidade inovadora e a competitividade industrial. A partir de investimentos em P&D – ainda que tardiamente – que permitiram o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias até então inexistentes para etanol combustível, o Instituto pôde alcançar resultado satisfatório no desenvolvimento do primeiro MRC para etanol combustível. Tal feito permite à indústria um padrão que garante a confiabilidade e a rastreabilidade necessária às suas análises, garantindo a qualidade e a segurança do produto.

Por meio da devida transferência de tecnologia, esses avanços podem chegar até a indústria que receberá destaque e posição de liderança frente ao mercado internacional. Ademais, é notável o feito de equiparação do INM brasileiro ao norte-americano, já que se espera que o MRC internacional para etanol combustível venha com a certificação de ambos os Institutos. Ademais, o caso específico do desenvolvimento do MRC para etanol combustível reflete o potencial do país para o desenvolvimento tecnológico em um setor dominado por países desenvolvidos, o que demonstra ser possível investir em P&D e obter resultados bem-sucedidos de acordo com interesses nacionais.

E aqui se destaca o potencial para que o Instituto passe a atuar, em um futuro próximo, de forma indutora à atividade inovadora por parte da indústria. Diante dos recentes investimentos realizados e da própria mudança na cultura do Inmetro, espera-se que o INM brasileiro avance como ferramenta para a competitividade e inovatividade industrial.

Iniciativa adicional do Inmetro refere-se ao Programa de Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis (PBCB), em uma atuação também de caráter regulador. Espera-se – após resolução das divergências políticas – que o PBCB permitirá à indústria inovar no mercado internacional, por meio do oferecimento de um produto com selo de qualidade não apenas relativo a questões técnicas, mas também àquelas afetas às condições sócio-ambientais de produção da indústria. O etanol brasileiro poderá apresentar diferencial de qualidade e técnico comprovando a liderança nacional. A defesa dessa estratégia está em consonância com a proposta de Gregersen (1992), que destaca o

papel que agências reguladoras podem exercer ao introduzirem no mercado nacional uma especificação técnica mais rígida, que no futuro venha a ser adotada também no mercado externo, para o qual as firmas nacionais já estariam adequadas, apresentando vantagem competitiva.

Defende-se, a partir dos desdobramentos acima, que a análise dirigida ao estudo de caso do processo de padronização na indústria brasileira de etanol combustível enseja importantes lições a serem aprendidas para futuros delineamentos de políticas que se dirijam a áreas também estratégicas, como para o programa de biodiesel, para a nanotecnologia, a biotecnologia, dentre outros.

Nesse sentido, ressalta-se mais uma vez o papel de políticas públicas. Num contexto de defesa em prol da liberalização econômica, em que o fórum multilateral de comércio – a OMC – vem a cada dia condenando o papel de políticas de cunho protecionista, percebe-se a possibilidade de o Estado atuar na construção de SNI sustentáveis, como base para a competitividade industrial. Nesse sentido, rejeita-se argumentação proposta por Di Caprio e Amsden (2004), que sustentam haver pouco ou nenhum espaço para a atuação do governo. De fato, há pouco espaço se forem consideradas as categorias tradicionais de atuação, relacionadas especialmente à concessão de subsídios. Mas, ao considerar o papel do Estado na metrologia e na padronização técnica, com efeitos significativos sobre a construção de SNI e SSI, tal argumento não encontra sustentação. Destaque deve ser concedido ademais, ao cenário atual, em que políticas tarifárias cedem espaço a mecanismos mais sutis de proteção ao mercado doméstico, como as barreiras técnicas, tema ao qual a metrologia e a padronização técnica estão intimamente atreladas.

A partir da análise do caso de sucesso da indústria de etanol combustível é possível ainda ressaltar a importância de implementação de ações coordenadas, em que diversos atores, tanto da esfera pública quanto da esfera privada, interagiram durante a evolução do SSI para o produto, e também para o processo de padronização técnica, que vem contando com a cooperação e interação entre Inmetro, ANP, ABNT, APLA, CTC, Pólo de Biocombustíveis, Grupo de Produtores como a

UNICA e a Copersucar, Universidades, Laboratórios e até INM de outros países. Essa observação vai ao encontro de argumentos sustentados por Cassiolato e Lastres (2005), que ressaltam que em países avançados a formulação de políticas industriais e tecnológicas tem migrado para moldes nos quais ênfase é concedida à promoção de interações e cooperação de agentes visando a inovação, incluindo o Estado e segmentos da sociedade civil, com base em objetivos e compromissos recíprocos definidos de forma explícita.

Em face do exposto e dos resultados analíticos obtidos, defende-se a criação de espaço, a exemplo do que já vem ocorrendo no contexto acadêmico internacional, para pesquisas específicas sobre o ramo com denominação proposta de 'Economia da Padronização', dado seu caráter estratégico e abrangente, com influências sobre a inovatividade e a competitividade industrial dos mais diversos setores de uma dada economia.

Somente dessa forma será possível assumir uma postura prospectiva, delineando estratégias de modo antecipado, evitando que entraves se perpetuem e prejudiquem a evolução tecnológica que promove crescimento e desenvolvimento econômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT/ISO **Guia 30**. Termos e definições relacionados com materiais de referência. 7p, 2000.

ALGARTE, W. e QUINTANILHA, D. **A História da Qualidade e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade**. Rio de Janeiro: Inmetro/ Senai, 2000. 143p.

ALVES, N. P. e MORAES, D.N. **Metrologia Química e a Utilização de Materiais de Referência em Medições Químicas**. Sem data, 19p. Disponível em <<http://www.quimlab.com.br/PDF-LA/Artigo%20Revista%20Anal%EDtica.pdf>>, acesso em 21/03/2008.

ANCIÃES, A. W. F. (Coord). **Avaliação tecnológica do álcool etílico**. Brasília: CNPq, 1978. 514 p.

ANTUNES, A. Apresentação realizada no **V Seminário Rio Metrologia**: Necessidades Metrológicas para as Áreas de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Rio de Janeiro, 22 e 23/08/2007.

ANTUNES, J. (2007). Apresentação realizada no **Fórum de discussão dos resultados do Ensaio de Proficiência em Álcool Etílico Anidro Combustível**. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/profiAlcool.asp>>, acesso em 05/11/2007.

ANFAVEA. **Estatísticas, 2007-2008**. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em 14/13/2008.

ANP (2005) **Resolução ANP 36/2005**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 10/01/2008.

ARBIX, G., SALERNO, M. S., DE NEGRI, J. A. A nova competitividade da indústria e o novo empresariado. *In* REIS VELLOSO, J. P. (coord.). **O Desafio da China e da Índia: a resposta do Brasil**. Rio de Janeiro: José Olympio, 2005.

ASSIS, W. F. T. e ZUCARELLI, M. C. **Despoluindo Incertezas: Impactos Locais da Expansão das Monoculturas Energéticas no Brasil e Replicabilidade de Modelos Sustentáveis de Produção e Uso de Biocombustíveis**, Coord. Lúcia Ortiz, Fevereiro de 2007, 28p.

BARROS, G. S. C e MORAES, M. A. F. D. A Desregulamentação do Setor Sucroalcooleiro, **Revista de Economia Política**, vol. 22, nº 2 (86), abril-junho/2002, p.156-173.

BASSANINI, A. P. and DOSI, G. **Competing Technologies, International Diffusion and the Rate of Convergence to a Stable Market Structure**. IIASA Interim Report IR-98-012, 1998. Disponível em: <<http://www.iiasa.ac.at/Publications/Documents/IR-98-012.pdf>>. Acesso em: 20/02/2006.

BELIK, W. e VIAN, C. E. F. Desregulamentação Estatal e Novas Estratégias Competitivas da Agroindústria Canavieira em São Paulo. *In* MORAES, M. A. F. D. e SHIKIDA, P. F. A. (orgs) **Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002, p. 69-92.

BEST, M. H. **The New Competitive Advantage: the Renewal of American Industry**. Oxford University Press: New York, 2001, 286p.

BELL, M. e PAVITT, K.. Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrast between Developed and Developing Countries. **Industrial and Corporate Change**, 2 (2), 1993, p. 157-210.

BMZ Quality Infrastructure, Conformity Assessment - Metrology, Standardization, Testing, Quality Management (MSTQ). **Strategies** 130, July 2004, 21 p. Disponível em: <<http://www.bmz.de/en/service/infothek/fach/konzepte/konzept130.pdf>>, Acesso em 21/01/2008.

BNDES **Informe Setorial nº 5**, de 18/10/1995. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/gs1_05.pdf>. Acesso em 28/05/2008.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da pesquisa: monografia, dissertação, tese**. São Paulo: Atlas, 2004.

BONOMI, A., POÇO, J. G. R. e TRIELLI, M. A. Biocombustíveis: A Solução Brasileira para uma Matriz Energética Sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, outubro/2006, p. 16-21.

BRANDI, H. Apresentação realizada no **V Seminário Rio Metrologia: Necessidades Metrológicas para as Áreas de Petróleo, Gás e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 22 e 23/08/2007.

BRASIL **Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior 2003**, nov/2003, 23p.

_____ e EUA. **Memorando de Entendimento entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo dos Estados Unidos da América para Avançar a Cooperação em Biocombustíveis**. São Paulo, março de 2007, 6p. Disponível em <<http://www.defesanet.com.br>>. Acesso em 25/10/2007.

CANONGIA, C., SOUZA, T. L., CID, A. A., JUNQUEIRA, G. ZOLOTAR, M., and SOUZA, S. F. N. Inmetro: Aprendendo a inovar, inovando para aprender. **Inteligência Empresarial** n. 25, oct/nov/dec 2005, p. 28-35.

CASSIOLATO, J. E. e LASTRES, H. M. M. Sistemas de Inovação e Desenvolvimento: as Implicações de Política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, nº 1, jan-mar 2005, p. 34-45.

_____, GUIMARÃES, V., PEIXOTO, F. and LASTRES, H. M. M. **Innovation Systems and Development: what can we learn from the Latin American experience?**. Apresentado no III Globelics Conference. Pretoria, South Africa. October 31th to November 04th, 2005, 22p.

CASTILHOS, C. C. Contradições e limites da política industrial do Governo Lula. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 33, nº 1, Porto Alegre: junho/ 2005, p. 55-74.

CHESNAIS, F. National Systems of Innovation, Foreign Direct Investment and the Operations of Multinational Enterprises *In* LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards**

a **Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992, pp. 265-295.

COHEN, W. M. and LEVINTHAL, D. A. Innovation and Learning: the two faces of R&D. **The Economic Journal**, 99, September 1989, Great Britain, 569-596.

COSTA, P. F. S. Visão da Área de Biocombustíveis por Parte dos Produtores e Traders. Apresentação realizada no **Painel Setorial Programa Brasileiro de Certificação em Biocombustíveis: A Perspectiva do Sistema Produtivo**. Xerém, RJ, 23/07/2007.

COWAN, R., and COWAN, W. M. **Technological Standardization with and without Borders in an Interacting Agents Model**. MERIT Research Memorandum # 2/98-018, 1998. Disponível em: <<http://www.merit.unu.edu/publications/rmpdf/1998/rm1998-018.pdf>>. Acesso em 20/02/2006.

DALUM, B. Export Specialisation, Structural Competitiveness and National Systems of Innovation, *In* LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992, p. 191-225.

_____, JOHNSON, B. and LUNDVALL, B-Å. Public Policy in the Learning Society, *In* LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992, p. 296-317.

DARODA, R. Apresentação realizada no **2º Seminário de Laboratório – IBP**. Rio de Janeiro, 29 e 30/04/2008.

DIAS, J. L. M. **Medida, normalização e qualidade: aspectos da história da metrologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Inmetro e FGV, 1998, 292 p.

DI CAPRIO, A. e AMSDEN, A. Does the new International Trade Regime leave room for Industrialization Policies in the middle-income countries? **International Labor Organization (ILO) Working Paper n°22**, Genebra: Maio/2004.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: a Suggested Interpretation on the Determinants and Directions of Technical Change. **Research Policy** 11, 1982.

_____, FREEMAN, C., FABIANI, S. The Process of Economic Development: Introducing some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions. **Industrial and Corporate Change**, 3 (1), 1994.

_____, PAVITT, K. and SOETE, L. **The Economic of Technical Change and International Trade**. London and New York Harvester Wheatsheaf Press and New York University Press, 1990.

_____ and SOETE, L. “Technical Change and International Trade”. *In*: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G., SOETE, L. (eds.) **Technical Change and Economic Theory**. Londres: F. Pinter, 1988.

DTI Competing in the global economy: the innovation challenge. **Innovation Report**, December 2003, 148p. Disponível em: <<http://www.berr.gov.uk/files/file12093.pdf>>, acesso em 21/01/2008.

EPE **Informe à Imprensa – Resultados Preliminares BEN 2008**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PressReleases/20080508_1.pdf>, acesso em 09/05/2008.

FAIRBANKS, M. Álcool: frota bicombustível, exportações e consumo maior de açúcar indicam futuro rentável para setor. **Revista Química e Derivados**. São Paulo, nº 446, fevereiro/2006. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd446/alcool1.html>>, acesso em 07/05/2007.

_____. Tecnologia Amplia Oferta e Reduz Custo do Álcool. **Revista Química e Derivados**. São Paulo, nº 417, julho/2003. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd417/alcool1.htm>>. Acesso em 04/05/2007.

FAJNZYLBER, F. Competitividad internacional: evolución y lecciones. **Revista de la Cepal** n. 36. Santiago de Chile, dezembro/1988, pp. 7-25.

FERRACIOLI, P. **As Origens do Código de Normas**. Monografia de encerramento de Curso de Pós-graduação em Relações Internacionais, apresentada ao Departamento de Humanidades da Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2006

FERRAZ, J. C. A Heterogeneidade Tecnológica da Indústria Brasileira: Perspectivas e Implicações para Política.. **Texto para Discussão 185, IE/UFRJ**, janeiro de 1989, 33p.

FIALHO, B. C., HASENCLEVER, L. e HEMAIS, C. A. Punctuated Equilibrium and Technological Innovation in the Polymer Industry. **Revista Brasileira de Inovação** volume 2 numero 2 Julho/Dezembro de 2003. p. 309-328.

FIB **White Paper on Internationally Compatible Biofuel Standards**, Tripartite Task Force Brazil, European Union and United States of America. Dezembro/2007, 95p. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/whitepaper.pdf>> Acesso em 04/02/2008.

FREEMAN, C. **Innovation and Long Cycles of Economic Development**. Paper presented at the International Seminar on Innovation and Development at the Industrial Sector. Economics Department, Unicamp, Campinas, 25 a 27 de agosto de 1982, 13p.

_____. Formal Scientific and Technical Institutions in the National System of Innovation, *In* LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992, p. 169-187.

_____, SOETE, L. **The Economics of Industrial Innovation**. Cambridge, Mass.: MIT Press, 3ª ed, 1997.

GARRIDO, V. **Regulação do Comércio Internacional: desafios e respostas do Inmetro à criação da OMC**. Dissertação de Mestrado apresentada à UFF. Niterói. Julho de 2007.

GOEL, V. K. *et al.* Innovation Systems: World Bank Support of Science and Technology Development. **World Bank Discussion Paper** no. 32, 2004, 96p.

GREGERSEN, B. The Public Sector as a Pacer in National Systems of Innovation *in* LUNDEVALL, B-Å (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992, p. 129-145.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Loyola, 2004, 295 p.

HAGUENAUER, L. **Competitividade: Conceitos e Medidas. Uma resenha da bibliografia recente, com ênfase no caso brasileiro**. IE/UFRJ, Texto para Discussão n° 211, 1989.

HASENCLEVER, L. e TIGRE, P. Estratégias de Inovação. In: KUPFER, D. e HASENCLEVER, L. (org.) **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, p. 431-447, 2002.

INMETRO. **Plano Estratégico Institucional do INMETRO para 2002-2010**. Rio de Janeiro: março/2003, 12p.

_____ **Manual de Barreiras Técnicas ao Comércio: o que são e como superá-las**. Rio de Janeiro: 2005. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/manualBarreiras.asp>>. Acesso em 07/06/2006.

_____ **Planejamento Estratégico Institucional 2007-2014**. Rio de Janeiro: 2006. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/gestao/planejamento_2007.asp>, acesso em 25/03/2008.

_____ **Avaliação da Conformidade**, 5ª ed., Rio de Janeiro: 2007a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/acpq.pdf>>. Acesso em 05/01/2008.

_____ **Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis**. Minuta. Rio de Janeiro: 2007b.

_____ **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**: portaria INMETRO n° 029 de 1995 / INMETRO, SENAI - Departamento Nacional. 5. ed. - Rio de Janeiro: Ed. SENAI, 2007c.

_____ e CBM. **Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira, 2003-2007**. Rio de Janeiro: 2003. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/diretrizesEstrategicas_11_02_2003.pdf>. Acesso em 07/06/2006.

INTERNATIONAL TRADE CENTRE and COMMONWEALTH SECRETARIAT. **Influencing and Meeting International Standards: Challenges for Developing Countries**. Genebra, vols. I (126 p.) e II (174 p.), 2004.

IPEA **Boletim de Política Industrial** n° 22, abril/2004, 45p.

ISO The role of reference materials: Achieving quality in analytical chemistry. Genebra, 2000, 12p. Disponível em: <<http://isotc.iso.org>>, acesso em 25/03/2008.

ISO/IEC **Guide 43-1** Proficiency testing by interlaboratory comparisons, 1997, 16p.

JUNIOR, H. J. Tecnologia de Motores Flexíveis. *In* **Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas**. Brasília: MRE, 2007, 205p, p. 93 a 119.

KUPFER, D. Uma Abordagem Neo-Schumpeteriana da Competitividade Industrial. **Ensaio FEE**. Ano 17. no. 1. pp.355-72, 1996.

LANDES, D. **Prometeu Desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa desde 1750 até a nossa época**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1994.

_____. **Riqueza e Pobreza das Nações: Por que algumas são tão ricas e outras tão pobres**. 5 Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

LEITE, R. C. e CORTEZ, L. A. B. O Etanol Combustível no Brasil. *In* **Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas**. Brasília: MRE, 2007, 205p, p. 61 a 75.

LUNDEVALL, B-Å. Introduction *In* _____ (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992a, p. 1-19.

_____. User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation, *In* _____ (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. New York and London: Pinter, 1992b, p. 45-67.

MACEDO, I. C. **A Energia da Cana-de-Açúcar** – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia: ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

_____. Situação Atual e Perspectivas do Etanol. *In* **Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas**. Brasília: MRE, 2007, 205p, p. 76 a 91.

MALERBA, F. Sectoral Systems and Innovation and Technology Innovation. **Revista Brasileira de Inovação** volume 2 numero 2 Julho/Dezembro de 2003.p. 329-376.

MANI, S. Government, Innovation and Technology Policy: an international comparative analysis. **Int. J. Technology and Globalization**, Vol. 1, nº 1, 2004, p 29-44.

MARBÁN, R. M. e PELLECCER C., J. A. **Metrology for Non-Metrologists**, 2002, 155p.

Disponível em

<http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/METROLOGIA/english/metrology.htm>, acesso em 18/02/2008

MARTINES-FILHO, J., BURNQUIST, H. L. and VIAN, C. E. F. Bioenergy and the Rise of Sugarcane-Based Ethanol in Brazil. **Choices Magazine**, 2nd Quarter 2006, 21(2). Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/inte-choices2006210.pdf>>. Acesso em 03/05/2007.

MASKUS, J. e OTSUKI, T. **Standards and Technical Regulations and Firms in Developing Countries** – new Evidence from a World Bank Technical Barriers to Trade Survey. World Bank, Washington, 55p., 2004.

MEYER-STAMER, J. **Structural Change in MSTQ: Experience from Brazil**. June 1998, 6p.
Disponível em: <<http://www.meyer-stamer.de/1998/mnpqbras.htm>>

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT) **Programa Tecnologia Industrial Básica e Serviços Tecnológicos para a Inovação e Competitividade**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 100p, 2001.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Balança Comercial 2007**. Disponível em <<http://www.mdic.gov.br>>.

_____ O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades.
Economia Aplicada vol. 11 no.4. Ribeirão Preto, Oct.\Dec. 2007.

MUSSOLIN. Projeto CELAB Confiabilidade de Ensaio Laboratoriais em Biocombustíveis.
Apresentação realizada no **2º Seminário de Laboratório** – IBP. Rio de Janeiro, 29 e 30/04/2008.

MYTELKA, L. e FARINELLI, F. **Local Clusters, Innovation Systems and Sustained Competitiveness**. Contrato BNDES/FINEP/FUJB. Estudos Temáticos, Nota Técnica 5, Rio de Janeiro: 2000, 19p.

NELSON, R. **The Sources of Economic Growth**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts / London, England, 1990.

_____ The Co-evolution of Technology, Industrial Structure and Supporting Institutions.
Industrial and Corporate Change, 3 (1), 1994.

NELSON, R., WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.

OECD **Manual de Oslo** – Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Finep (trad.), 2004, 136p.

OECD **Frascati Manual** – Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, 2002, 254p.

PAIXÃO, M. **O Proálcool Enquanto uma Política Energética Alternativa: uma Resenha Crítica**. Disponível em: <<http://www.brasilsustentavel.org.br/textos/texto7.rtf>>. Acesso em 05/05/2007.

PEREZ, C. e SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In DOSI *et al.* **Technical Change and Economic Theory**. Londres: F. Pinter, 1988.

PORTER, M. E. **A Vantagem Competitiva das Nações**, Rio Janeiro: Campus, 1989.

POSSAS, M. Em Direção a um Paradigma Microdinâmico: a Abordagem Neoschumpeteriana. In: AMADEO, E. (org.). **Ensaio sobre Economia Política Moderna: Teoria e História do Pensamento Econômico**. São Paulo: Marco Zero, 1989.

_____ Concorrência Schumpeteriana, In: KUPFER, D. e HASENCLEVER, L. (org.) **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, p. 415-429, 2002.

PROCANA. **Ethanol Guide – Guia Internacional do Álcool**, São Paulo: 2004, 320p.

QUEIROZ, M. A. Metrologia: um retorno muito além do financeiro. **Revista Metrologia & Instrumentação**, ano 4 – nº 36, jun-jul 2005, p. 30-35, Ed. Epse, São Paulo.

ROTHWELL, R. e ZEGVELD, W. **Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s**. Frances Pinter (Publishers) Ltd., London: 1981, 251p.

SENETRA, C. e MARBÁN, R. M. **The Answer to the Global Quality Challenge: A National Quality Infrastructure**. PTB, OEA e SIM, 2007, 137p.

SCOPINHO, R. A. Qualidade Total, Saúde e Trabalho: Uma Análise em Empresas Sucroalcooleiras Paulistas. **Revista de Administração Contemporânea** v. 4, n. 1, Jan./Abr. 2000, p. 93-112.

SHAPIRO, C. e VARIAN, H. R. **A Economia da Informação: como os princípios econômicos se aplicam à era da Internet**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

SHIKIDA, P. F. A, NEVES, M. F, REZENDE, R. A. Notas sobre Dinâmica Tecnológica e Agroindústria Canavieira no Brasil *In* MORAES, M. A. F. D. e SHIKIDA, P. F. A. (orgs) **Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002, p. 120-138.

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Trad. Port. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1934.

SIMÕES, A. J. F. Biocombustíveis: a experiência brasileira e o desafio da consolidação do mercado internacional. *In* **Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas**. Brasília: MRE, 2007, 205p, p. 11 a 33.

SWANN, P. **The Economics of Measurement**. Report for NMS Review. UK. June 1999, 65p. Disponível em: < <http://www.berr.gov.uk/files/file9676.pdf> > , acesso em 21/01/2008.

SWANN, P., TEMPLE, P. e SHURMER, M. Standards and Trade Performance: The UK Experience. **The Economic Journal** 106 (September), Oxford and Cambridge, p. 1297-1313, 1996.

TASSEY, G. Standardization in Technology-Based Markets. **Research Policy** vol. 29, nº 4, April 2000, p. 587-602.

_____ Policy Issues for R&D Investment in a Knowledge-Based Economy. **Journal of Technology Transfer**, 29, p. 153-185, 2004.

_____ Underinvestment in Public Good Technologies. **Journal of Technology Transfer**, 30 ½, p. 89-113, 2005.

TAVARES, M. C. **Da substituição de importações ao capitalismo financeiro**. Rio de Janeiro, Zahar, 1972.

TEMPLE, P. and WILLIAMS, G. Infra-technology and economic performance: evidence from the United Kingdom measurement infrastructure. **Information Economics and Policy** 14, 435–452, 2002.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration and public policy. **Research Policy** 15 (1986), 285-305. North-Holland.

TIGRE, P. B. O Papel da Política Tecnológica na Promoção das Exportações. In CASTELAR A.; MARKWALD, R.; PEREIRA, L. V. (org.) **O Desafio das Exportações**, BNDES, Rio de Janeiro, 2002.

UNICAMP (2005) **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo**. Relatório Final. Dezembro de 2005. Fundação de Desenvolvimento da Unicamp, Convênio: CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

UTTERBACK, J. M. **Mastering the Dynamics of Innovation**. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press, 1994.

VIAN, C. E. F. **Agroindústria Canavieira: Estratégias Competitivas e Modernização**. Campinas/SP: Ed. Átomo, 2003.

WAACK, R. S. e NEVES, M. F. **Competitividade no Agribusiness Brasileiro: Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar** (volume V). (Coord. FARINA, E. M. M. Q. e ZYLBERSZTAJN, D.). São Paulo: PENSA/FIA/FEA/USP, 1998, 193p.

WTO **World Trade Report 2005 – Exploring the Links between Trade, Standards and the WTO**. Genebra: 2005. Disponível em:
<http://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/anrep_e/world_trade_report05_e.pdf>. Acesso em 03/06/2006

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. (trad. Daniel Grassi), 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001, 205p.

Jornais e Revistas

Revista VEJA - 14/04/2008

Revista Exame - 14/06/2007.

Jornal O Globo - 08/03/07 e 10/05/08

Petrobrás Magazine nº 52.

Jornal Valor Econômico

Jornal Cana

Vídeos

UNICA (2006) **União das Indústrias Canavieiras**, em: <<http://www.unica.com.br>>.

NOVAES – Quadra Fechada. Rio de Janeiro, 2006.

Sites consultados

<http://www.comar.bam.de>

<http://www.inmetro.gov.br>

<http://www.ipcc.ch>

<http://www.wto.org>

GLOSSÁRIO:

Os termos fornecidos neste Glossário foram retirados do Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (INMETRO, 2007c).

Grandeza: Atributo de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado. Exemplos: a) Grandezas em um sentido geral: comprimento, tempo, massa, temperatura, resistência elétrica, concentração de quantidade de matéria; b) Grandezas específicas: - comprimento de uma barra, - resistência elétrica de um fio, - concentração de etanol em uma amostra de vinho.

Unidade (de medida): Grandeza específica, definida e adotada por convenção, com a qual outras grandezas de mesma natureza são comparadas para expressar suas magnitudes em relação àquela grandeza.

Medição: Conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza.

Mensurando: Objeto da medição. Grandeza específica submetida à medição.

Incerteza: Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando.

Instrumento de Medição: Dispositivo utilizado para uma medição, sozinho, ou em conjunto com dispositivo(s) complementar (es).

Padrão: Medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência.

Rastreabilidade: Propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas.

Calibração (Aferição): Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

Material de Referência (MR): Material ou substância que tem um ou mais valores de propriedades que são suficientemente homogêneos e bem estabelecidos para ser usado na calibração de um aparelho, na avaliação de um método de medição ou atribuição de valores a materiais.

Material de Referência Certificado (MRC): Material de referência, acompanhado por um certificado, com um ou mais valores de propriedades, e certificados por um procedimento que estabelece sua rastreabilidade à obtenção exata da unidade na qual os valores da propriedade são expressos, e cada valor certificado é acompanhado por uma incerteza para um nível de confiança estabelecido.

ANEXO I

Relação de Entrevistados

Nome	Instituição	Cargo	Data
Monica Albers	Dedini S/A Indústrias de Base	Engenheira de Açúcar e Álcool	31/01/2007
Weber Amaral	Polo Nacional de Biocombustíveis	Diretor	31/01/2007
Catarina Pezzo	Polo Nacional de Biocombustíveis	Coordenadora de Projetos	31/01/2007
Luciano Santos Tavares de Almeida	Arranjo Produtivo Local do Álcool (APLA)	Presidente	01/02/2007
Wokimar Teixeira Garcia	Centro de Tecnologia Canaveira (CTC)	Pesquisador do Laboratório de Análise de Álcool e Açúcar.	01/02/2007
Achiles Aparecido Mollon	Usina Costa Pinto (Grupo COSAN)	Gerente Corporativo de Laboratórios	01/02/2007
Edmilson Lacerda	Usina Costa Pinto (Grupo COSAN)	Gerente de Produção	01/02/2007
Paulo Sérgio Ewald	Centro de Tecnologia Aeronáutica (CTA)	Gerente de Projetos do Motor Aeronáutico a Álcool e Chefe da Seção de Ensaios	27/08/2007
Humberto Brandi	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)	Diretor de Metrologia Científica e Industrial	03/03/2008
Romeu Daroda	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)	Coordenador de Biocombustíveis	11/04/2008
Cristina Almeida Rego Nascimento	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)	Superintendente Substituta de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos	18/04/2008
José Félix da Silva Junior	Copersucar e UNICA	Consultor	29/04/2008
Marcia Cristina de Oliveira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)	Gerente de Normalização	19/05/2008
Vanessa Ramos	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)	Coordenadora de Programa de Normalização e Secretária da CEE de Álcool Combustível	19/05/2008
Cláudio Guerreiro	Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)	Gerente de relações ISO	19/05/2008

ANEXO II

Guias de Entrevistas

Entidade: Usina Costa Pinto / Grupo Cosan

- 1) Como é o padrão de concorrência do setor e qual a intensidade da cooperação entre os diferentes atores envolvidos na produção de álcool combustível?
- 2) Qual o papel das especificações técnicas, descritas em normas e regulamentos técnicos, na competitividade da empresa?
- 3) Como é sua atuação no mercado internacional?
- 4) Você tem conhecimento de especificações técnicas de outros países?
- 5) A empresa tem dificuldades em cumprir com exigências de mercados compradores de outros países com relação à qualidade do produto?
- 6) Como é a estratégia da empresa com relação a investimento em P&D e em inovação?
- 7) Que fatores você considera que estão faltando para a consolidação de um mercado internacional para o álcool combustível e a consolidação do produto como *commodity*?
- 8) Como é a relação da empresa com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 9) Com relação às normas da ABNT e aos regulamentos da ANP para álcool combustível, como você avalia a pertinência e utilidade destes mecanismos? Que gargalos você identifica em seu conteúdo técnico?
- 10) Como a empresa vê a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?
- 11) Qual a importância creditada ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível, pelo Inmetro?
- 12) Que elementos você destacaria como necessários ao aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro como um todo?

Entidade: Dedini Indústrias de Base S/A

- 1) Como é o padrão de concorrência do setor e qual a intensidade da cooperação entre os diferentes atores envolvidos na produção de máquinas e equipamentos para etanol combustível?
- 2) Qual o papel das especificações técnicas, descritas em normas e regulamentos técnicos, na competitividade da empresa?
- 3) Como é sua atuação no mercado internacional?
- 4) Como é a estratégia da empresa com relação a investimento em P&D e em inovação?
- 5) Que fatores você considera que estão faltando para a consolidação de um mercado internacional para o álcool combustível e a consolidação do produto como *commodity*?
- 6) Como é a relação da empresa com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 7) Com relação às normas da ABNT e aos regulamentos da ANP para álcool combustível, como você avalia a pertinência e utilidade destes mecanismos? Que gargalos você identifica em seu conteúdo técnico?
- 8) Você tem conhecimento de especificações técnicas de outros países e de dificuldades em cumprir com essas exigências com relação à qualidade do produto?
- 9) Como a empresa vê a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?
- 10) Qual a importância creditada ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível, pelo Inmetro?
- 11) Que elementos você destacaria como necessários ao aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro como um todo?

Entidade: Arranjo Produtivo Local do Álcool (APLA)

- 1) Como é o padrão de concorrência do setor e qual a intensidade da cooperação entre os diferentes atores envolvidos na produção de etanol combustível?
- 2) Qual o papel das especificações técnicas, descritas em normas e regulamentos técnicos, na competitividade do setor?
- 3) Como é a atuação do setor no mercado internacional?
- 4) Que fatores você considera que estão faltando para a consolidação de um mercado internacional para o álcool combustível e a consolidação do produto como *commodity*?
- 5) Como é a relação do APLA com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 6) Com relação às normas da ABNT e aos regulamentos da ANP para álcool combustível, como você avalia a pertinência e utilidade destes mecanismos? Que gargalos você identifica em seu conteúdo técnico?
- 7) Você tem conhecimento de especificações técnicas de outros países e de dificuldades em cumprir com essas exigências com relação à qualidade do produto?
- 8) Como é vista a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?
- 9) Qual a importância creditada ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível, pelo Inmetro?
- 10) Que elementos você destacaria como necessários ao aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro como um todo?

Entidade: Pólo Nacional de Biocombustíveis

- 1) Qual a intensidade da cooperação entre o Pólo e os diferentes atores envolvidos na produção de etanol combustível?
- 2) Que tipo de pesquisa está sendo empreendido pelo Pólo?
- 3) O Pólo tem alguma pesquisa com referência à atuação do setor no mercado internacional?
- 4) Que fatores você considera que estão faltando para a consolidação de um mercado internacional para o álcool combustível e a consolidação do produto como *commodity*?
- 5) Como é a relação do Pólo com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 6) Com relação às normas da ABNT e aos regulamentos da ANP para álcool combustível, como você avalia a pertinência e utilidade destes mecanismos? Que gargalos você identifica em seu conteúdo técnico?
- 7) Você tem conhecimento de especificações técnicas de outros países e de dificuldades em cumprir com essas exigências com relação à qualidade do produto?
- 8) Como a empresa vê a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?
- 9) Qual a importância creditada ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível, pelo Inmetro?

Que elementos você destacaria como necessários ao aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro como um todo?

Entidade: Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)

- 1) Qual o histórico do CTC no setor, em especial no que se refere à condução de análises laboratoriais?
- 2) Qual a intensidade da cooperação entre o Pólo e os diferentes atores envolvidos na produção de etanol combustível?
- 3) Que tipo de pesquisa é empreendida no CTC?
- 4) Qual o montante investido pelo CTA em P&D?
- 5) Que fatores você considera que estão faltando para a consolidação de um mercado internacional para o álcool combustível e a consolidação do produto como *commodity*?
- 6) Como é a relação do CTC com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 7) Com relação às normas da ABNT e aos regulamentos da ANP para álcool combustível, como você avalia a pertinência e utilidade destes mecanismos? Que gargalos você identifica em seu conteúdo técnico?
- 8) Você tem conhecimento de especificações técnicas de outros países e de dificuldades em cumprir com essas exigências com relação à qualidade do produto?
- 9) Como o CTC vê a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?
- 10) Qual a importância creditada ao desenvolvimento do MRC para etanol combustível, pelo Inmetro?

Que elementos você destacaria como necessários ao aumento da competitividade do setor sucroalcooleiro como um todo?

Entidade: Centro de Tecnologia Aeronáutica (CTA)

- 1) Qual o histórico do CTA no setor, em especial no que se refere ao desenvolvimento do motor movido a álcool combustível?
- 2) E com relação ao desenvolvimento do avião movido a álcool combustível?
- 3) Qual a intensidade da cooperação entre o CTA e os diferentes atores envolvidos na produção de etanol combustível?
- 4) Que tipo de pesquisa é empreendida no CTA?
- 5) Qual o montante investido pelo CTA em P&D?
- 6) Como é a relação do CTA com organismos como ABNT, ANP e Inmetro?
- 7) Como o CTA vê a relação entre a metrologia e o processo de padronização técnica com a competitividade e inovatividade industrial?

Entidade: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)
(Diretor de Metrologia Científica e Industrial)

- 1) Com relação à atuação do Inmetro na elaboração do material de referência para etanol combustível, como se deu o início dessa atuação?
- 2) Que tipo de investimentos foram necessários para o atendimento às demandas da indústria de etanol combustível?
- 3) Como tem sido a atuação colaborativa da ABNT e da ANP no processo de elaboração do MRC para álcool combustível?
- 4) Quais os principais obstáculos enfrentados nesse processo?
- 5) Como podem ser relacionados os avanços no campo da metrologia e sua importância para o atendimento aos requisitos técnicos estipulados nas normas técnicas da ABNT e, mais especificamente na Resolução ANP 36/2005?
- 6) Com relação à recente publicação, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis, do “*White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards*”, quais as perspectivas de atuação do Inmetro, diante dos resultados publicados?
- 7) Qual a visão do Inmetro com relação à importância da padronização técnica do álcool combustível para a competitividade e capacidade inovadora da indústria brasileira?
- 8) De que forma o Inmetro procura atuar, à semelhança do atendimento às demandas da indústria de etanol combustível, em cooperação com outros segmentos industriais?

Entidade: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)
(Coordenador de Biocombustíveis)

- 1) Com relação à sua vinda para o Inmetro, como pode ser entendida no contexto da estratégia do Instituto para Biocombustíveis?
- 2) Com relação à atuação do Inmetro na elaboração do material de referência para etanol combustível, como se deu o início dessa atuação?
- 3) Que tipo de investimentos foi necessário para o atendimento às demandas da indústria de etanol combustível?
- 4) Como tem sido a atuação colaborativa da ABNT e da ANP no processo de elaboração do MRC para álcool combustível?
- 5) Quais os principais obstáculos enfrentados nesse processo?
- 6) Como podem ser relacionados os avanços no campo da metrologia e sua importância para o atendimento aos requisitos técnicos estipulados nas normas técnicas da ABNT e, mais especificamente na Resolução ANP 36/2005?
- 7) Com relação à recente publicação, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis, do “*White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards*”, quais as perspectivas de atuação do Inmetro, diante dos resultados publicados?
- 8) Qual a visão do Inmetro com relação à importância da padronização técnica do álcool combustível para a competitividade e capacidade inovadora da indústria brasileira?
- 9) De que forma o Inmetro procura atuar, à semelhança do atendimento às demandas da indústria de etanol combustível, em cooperação com outros segmentos industriais?
- 10) Diante de sua experiência na iniciativa privada, como você vê a importância do INM para a competitividade e capacidade inovadora da indústria?

Entidade: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

- 1) Com relação à regulamentação e fiscalização do álcool combustível, como pode ser apresentado o início da atuação da ANP nesse processo?
- 2) Quais os requisitos de qualidade e de segurança a ANP procura atender, no caso do álcool combustível?
- 3) Como tem sido a atuação cooperativa da ANP no processo de elaboração das normas técnicas para álcool combustível no país?
- 4) Como podem ser relacionados os avanços no campo da metrologia e sua importância para o atendimento aos requisitos técnicos estipulados na Resolução ANP 36/2005?
- 5) Como pode ser interpretada a qualidade do álcool combustível produzido no Brasil, diante dos avanços obtidos ao longo desses anos?
- 6) Com relação a possíveis entraves ao comércio internacional, a ANP tem conhecimento desses entraves devido a diferenças em exigências técnicas para álcool combustível?
- 7) Atualmente, como está a atuação cooperativa da ANP no processo de elaboração de normas internacionais para álcool combustível, no âmbito da ISO?
- 8) Com relação à recente publicação, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis, do “*White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards*”, quais as perspectivas de atuação da ANP, diante dos resultados publicados?
- 9) Qual a visão da ANP com relação à importância das especificações técnicas para álcool combustível para a competitividade e capacidade inovadora da indústria brasileira?

Entidade: UNICA/Copersucar

- 1) Como pode ser resumido o histórico de elaboração de normas técnicas para etanol combustível no setor?
- 2) Como tem sido a atuação da indústria no processo de elaboração das normas técnicas para etanol combustível no país, no âmbito da ABNT?
- 3) Como foi a participação da indústria na elaboração da Resolução ANP 36/2005?
- 4) Quando surgiu e de que forma pode ser situada a preocupação com aspectos metrológicos e sua importância para o atendimento aos requisitos técnicos estipulados na Resolução ANP 36/2005?
- 5) Com relação a possíveis entraves ao comércio internacional, o Sr. tem conhecimento desses entraves devido a diferenças em exigências técnicas para álcool combustível?
- 6) Atualmente, como está a atuação da indústria na elaboração de normas internacionais para álcool combustível, no âmbito da ISO?
- 7) Com relação à recente publicação, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis, do “*White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards*”, quais as perspectivas do setor, diante dos resultados publicados?
- 8) Qual a sua visão com relação à importância das especificações técnicas para álcool combustível para a competitividade e capacidade inovadora da indústria brasileira?

Entidade: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

- 1) Com relação à elaboração de normas para álcool combustível, como pode ser apresentado o início da atuação da ABNT nesse processo?
- 2) Quais as primeiras normas técnicas elaboradas para álcool combustível e que requisitos de qualidade procuravam atender?
- 3) Quais as normas técnicas para álcool combustível que passaram por processo de revisão desde suas primeiras publicações? Qual a motivação desse processo de revisão?
- 4) Como tem sido o trabalho de cooperação de outros organismos da esfera pública com o processo de elaboração das normas técnicas para álcool combustível pela ABNT?
- 5) Como podem ser relacionados os avanços no campo da metrologia e sua importância para o conteúdo técnico das normas de álcool combustível?
- 6) Como pode ser interpretada a qualidade do álcool combustível produzido no Brasil, diante dos avanços obtidos ao longo desses anos no processo de normalização técnica?
- 7) Com relação a possíveis entraves ao comércio internacional, a ABNT tem conhecimento desses entraves devido a diferenças em exigências técnicas para álcool combustível?
- 8) Atualmente, como está a atuação da ABNT para a elaboração de normas internacionais para álcool combustível, no âmbito da ISO?
- 9) Com relação à recente publicação, no âmbito do Fórum Internacional de Biocombustíveis, do “*White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards*”, quais as perspectivas de atuação da ABNT, diante dos resultados publicados?
- 10) Qual a visão da ABNT com relação à importância das normas técnicas para álcool combustível para a competitividade e capacidade inovadora da indústria brasileira?