

ESTRATÉGIAS TECNOLÓGICAS PARA OS PRODUTORES BRASILEIROS DE ETANOL: UM REFERENCIAL ANALÍTICO A PARTIR DAS CAPACITAÇÕES DINÂMICAS¹

(TECHNOLOGICAL STRATEGIES FOR THE BRAZILIAN ETHANOL INDUSTRY: A FRAMEWORK BASED ON DYNAMIC CAPACITIES)

Marco Fábio Polli*, João Paulo Leonardo de Oliveira**

*Faculdades Integradas Fafibe, Bebedouro-SP
marcopolli@gmail.com

** Faculdades Integradas Fafibe; Faculdades COC, Ribeirão Preto-SP
joaoleo@fafibe.br

Abstract. *The international search for oil substitutes puts Brazil in a unique position due an accumulated experience in producing and using ethanol. At the same time, challenges are posed by a changing technological frontier with the second-generation biofuels, as by controversies about the environmental performance of ethanol. In this complex and uncertain context, the Brazilian producers have to make strategic decisions, particularly on technological development. This article identifies strategic alternatives through the theory of dynamic capabilities. A brief history of the industry is reviewed on this perspective and a categorization of technological strategies is suggested.*

Keywords: *bioethanol, dynamic capacities, technological innovation, strategy.*

Resumo. *A procura mundial por substitutos para o petróleo coloca o Brasil em uma posição única, devido à experiência nacional já acumulada na fabricação e uso do etanol de cana. Ao mesmo tempo, desafios são colocados pela mudança da fronteira tecnológica com os biocombustíveis de segunda geração, e também por controvérsias sobre o desempenho ambiental do etanol. Nesse cenário dinâmico e incerto, os produtores brasileiros precisam tomar decisões estratégicas, em especial sobre desenvolvimento tecnológico. Este artigo identifica alternativas estratégicas através da teoria das capacitações dinâmicas. Um breve histórico do setor é construído sob essa ótica e uma categorização de estratégias tecnológicas é sugerida.*

Keywords: *etanol capacitações dinâmicas, inovação tecnológica, estratégia.*

¹ Os autores agradecem ao Centro de Pesquisa – Faculdades Integradas Fafibe pelo financiamento ao estudo.

1. Introdução

Ao identificarem a emergência de um *paradigma técnico-econômico baseado no petróleo* na década de 1930, Freeman e Perez (1988) fundamentam-se:

- (a) na importância crítica do petróleo barato para o funcionamento da economia dos países industrializados;
- (b) no uso do petróleo e derivados em tipos diversos de tecnologia, seja como fonte de energia ou de matéria-prima;
- (c) na forte conexão entre o petróleo e os setores então na fronteira do avanço tecnológico e da expansão econômica: a indústria química e a indústria automobilística.

Já ao final do século XX, os setores econômicos mais vibrantes estavam relacionados à micro-eletrônica e troca digital de informações – Freeman e Perez denominaram essa fase de paradigma técnico-econômico da informação. De qualquer modo, a presença do petróleo e seus derivados na matriz energética mundial ainda ultrapassa hoje os 30% (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009). O risco da dependência a essa *commodity* esgotável foi colocado em evidência outra vez quando o preço do barril passou os US\$ 130,00 em meados de 2008. Além disso, por motivos de ordem ambiental, há uma pressão por parte de poder público e sociedade organizada pela substituição das fontes energéticas fósseis como o petróleo por combustíveis renováveis.

Esse panorama coloca os produtores brasileiros de etanol em uma posição única. Tendo uma experiência de décadas com desse biocombustível, o setor pode oferecer um substituto já produzido e usado em larga escala. Entre 2000 e 2004, as exportações brasileiras de etanol não ultrapassavam 800 milhões de litros, porém esse montante subiu de patamar, chegando a 5,1 bilhões de litros em 2008 — cerca de 20% da produção brasileira nesse ano (UNICA, 2010). Ainda em 2008, o Brasil foi responsável pela maior parte do comércio internacional de etanol: 62% em termos de volume físico (NEVES & CONEJERO, 2010).

Apesar desse posicionamento privilegiado do etanol brasileiro, deve-se ressaltar que qualquer processo de mudança tecnológica traz um alto grau de incerteza (NELSON & WINTER, 1982; DOSI, 1982) e toda questão ligada ao meio ambiente gera um contexto com alguma controvérsia (GODARD, 1993). Antes de tudo, está-se lidando com uma transformação complexa e sistêmica, ligada a tecnologias e setores diversos (KEMP, 1994). Para disputar o mercado trilionário de energia a ser ocupado com substitutos do petróleo, colocam-se diversas alternativas como o hidrogênio, a energia solar, e a eletricidade de diversas origens. Ainda mais notória na concorrência com o etanol brasileiro é a emergência de novos biocombustíveis, denominados de segunda geração (FORTMAN et al., 2008; ANTIZAR-LADISLAO & TURRION-GOMEZ, 2008). Foco de investimento em pesquisa nos EUA e Europa por empresas e instituições públicas, esses novos combustíveis têm o potencial de revolucionar a cadeia de produção de energia de biomassa. O foco da mudança está no aproveitamento de matéria-prima celulósica, que pode vir de resíduos agrícolas, industriais e urbanos, além de haver também potenciais saltos de eficiência energética. Suas operações de processo variam de sintéticas — como a gaseificação — a biotecnológicas — por exemplo, hidrólise enzimática usando microrganismos alterados geneticamente — e distanciam-se da base tecnológica padrão das empresas brasileiras de açúcar e álcool.

Junto às mudanças na fronteira tecnológica, a própria conveniência ambiental do etanol é frequentemente colocada em debate. O primeiro ponto de disputa é que o fornecimento de biomassa (cana, milho, por exemplo) para a fabricação de etanol concorreria com o cultivo de alimentos, podendo levar à escassez e aumento de preços (LANDE, 2006). Alguns autores (GOLDEMBERG, COELHO & GUARDABASSI, 2008; WALTER et al., 2008) rebatem apontando que a expansão da cultura canavieira não levou à diminuição da

produção nacional de alimentos, sendo utilizadas principalmente terras antes voltadas para o pasto. O segundo grande ponto de debate é o grau em que o etanol brasileiro seria eficiente em termos de balanço energético e, conseqüentemente, na mitigação dos gases estufa. O trabalho de Soares et al. (2009) analisa essa disparidade: em termos de eficiência energética – medida pela razão entre a energia total contida no combustível e a energia fóssil usada na sua produção – estudos desfavoráveis apontam o etanol de cana brasileiro com um fator entre 1,1 e 3,7, enquanto outros mais favoráveis indicam esse valor entre 8 e 9. Ainda segundo Soares et al. (2009), a causa dessa divergência é metodológica, sendo que os estudos desfavoráveis não consideram o reaproveitamento dos resíduos de produção para a geração de energia, prática largamente adotada pelo setor no Brasil. Nesse debate, autores céticos apontam apenas os biocombustíveis de segunda geração como a saída para o impasse ambiental energético (por exemplo, WOODS, J. & BAUEN, 2003) ou mesmo crêem em um papel limitado para qualquer biocombustível (DOORNBOSCH & STEENBLIK, 2008), enquanto outros defendem o etanol da cana como uma alternativa sustentável ambientalmente (WALTER et al., 2008).

Os produtores brasileiros de etanol possuem um cenário complexo e incerto para tomada de decisão. A substituição do petróleo coloca oportunidades de mercado, mas também ameaças, seja pela substituição por novas tecnologias ou pela contestação à sua sustentabilidade ambiental. Assim sendo, qual é o espaço para a ação estratégica desses produtores, especialmente na dimensão tecnológica? Este artigo avalia essa questão a partir do conceito das capacitações dinâmicas, revisto a seguir.

2. Revisão Teórica

2.1 Capacitações dinâmicas

As capacitações dinâmicas colocam em foco a habilidade da firma se reconfigurar em um ambiente mutável. Tal abordagem se baseia na visão da firma baseada em recursos (VBR). A VBR teve precursores como Penrose (1959) e Nelson & Winter (1982), mas passou a ganhar a forma corrente pelos trabalhos de Wernerfelt (1984) e Barney (1991). A preocupação central desses autores é como as firmas se diferenciam umas das outras, uma questão que segundo Nelson (1991) não é tratada adequadamente pela teoria econômica neoclássica.

Pela VBR, a assimetria entre as firmas é explicada pela diferença entre os recursos (também chamados de ativos) que ela domina. A natureza desses recursos é variada – Barney (1991) opta por classificá-los em capital físico, humano e organizacional. Porém, a ênfase é dada menos na categorização e mais nas propriedades desses ativos. Como qualidade essencial para determinarem a especificidade da firma, os recursos devem muito difíceis ou impossíveis de imitar. Ativos que podem ser adquiridos por qualquer firma são denominados por Teece, Pisano e Shuen (1997) como simples fatores de produção.

Presente já há décadas na literatura sobre inovação tecnológica, um importante exemplo de recurso de duplicação difícil é o conhecimento tácito (POLANYI, 1974; DOSI, 1988). Em contraste com o conhecimento codificado, que pode ser facilmente transferido e adquirido, o conhecimento tácito está incorporado nos processos, funcionários e dispositivos técnicos da empresa. Há um esforço teórico paralelo à VBR que aborda a firma como uma organização em que o recurso principal é justamente o conhecimento (KOGUT & ZANDER, 1992; GRANT, 1996; KYLAHEIKO, SANDSTROM & VIRKKUNEN, 2002). Esses autores salientam que não basta ter a posse estática de conhecimentos e informações, é preciso ter a habilidade de articulá-los e combiná-los em situações diferenciadas, além de buscar a sua renovação constante.

A necessidade de articulação de conhecimentos e informações ajuda a entender o conceito de capacitações ou competências, que podem ser definidas como a habilidade de usar recursos de forma coordenada para selecionar e executar atividades. Tais capacitações se encontram acima do nível pessoal e mesmo do nível de uma linha de produto apenas (TEECE et al., 1997). Prahalad e Hamel (1990) propuseram a idéia das *competências essenciais*, as quais definem a empresa e integram diversas capacitações. Seriam as competências essenciais que tornam empresas multiproduto, como a Canon e a Sony, mais do que uma agregação de unidades de negócio isoladas, já que há uma constante fertilização e coordenação entre capacitações diferentes.

Embora não de forma unívoca, as capacitações e recursos presentes hoje na firma vão se relacionar às capacitações e recursos que ela terá no futuro. Isso cria uma situação de *dependência de caminho*, tópico também caro à literatura sobre inovação tecnológica (ROSENBERG, 1982; DOSI, 1988). Seguindo a cadeia de recursos, capacitações e competência essenciais, encontra-se por fim o conceito de capacitações dinâmicas. Segundo Teece et al. (1997), capacitações dinâmicas dizem respeito à:

“habilidade da firma em integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para responder a ambientes em rápida mudança. As capacitações dinâmicas refletem assim a habilidade de uma organização em alcançar formas novas e inovadoras de vantagem competitiva, dadas as dependências de caminho e as posições de mercado”

Eisenhardt e Martin (2000) chamam a atenção para a diferença entre os mercados que se transformam com velocidade moderada ou com grande velocidade. No primeiro caso, é possível identificar tendências de forma mais clara e apoiar-se no conhecimento já existente para decisão. Por isso, as capacitações dinâmicas são mais próximas de rotinas e mais robustas. Já no segundo caso, estando-se em um cenário mais imprevisível, as capacitações dinâmicas precisam majoritariamente incorporar novos conhecimentos, usando informações em tempo real e interações rápidas com o mercado.

Pode-se dizer que o conceito de capacitações dinâmicas alinha-se com uma visão ampla da natureza da inovação já presente em Schumpeter (1934/1997). A análise do autor abrange as inovações de produto e processo, mas também as mudanças na organização da empresa, a exploração de novos mercados e o uso de novas fontes de matéria-prima.

2.2 Estratégias Tecnológicas

Segundo Chandler (1962/1990), a estratégia faz parte das tarefas do administrador e compreende:

“a definição das metas e objetivos básicos de longo prazo de uma empresa e a adoção de cursos de ação e a alocação dos recursos necessários para atingir essas metas.”

Ansoff (1965/1981) desenvolveu um modelo de decisão sobre a estratégia para o crescimento da firma, decisão que deveria passar pela avaliação interna (pontos fortes e fracos da firma), assim das oportunidades e limitações do ambiente externo. Segundo a sua categorização, a empresa pode crescer através da *penetração de mercado* (mercado e produto correntes), *desenvolvimento de produto* (mercado corrente, produto novo), *desenvolvimento de mercado* (produto corrente, mercado novo), ou, por fim, *diversificação* (mercado e produto novos). No caso da diversificação, Ansoff enfatiza se ela teria ligação ou não com a base tecnológica e de marketing atual da firma.

A partir da obra de Chandler — voltada para a relação entre estratégia e estrutura organizacional — e de Ansoff, a teoria sobre estratégia evoluiu para uma multiplicidade de abordagens, muitas vezes contraditórias, outras vezes complementares (MITZBERG,

LAMPEL & AHLSTRAND, 1998). Uma divisão fundamental está entre os racionalistas e incrementalistas. (TIDD, BESSANT & PAVITT, 2008). Os primeiros são autores que acreditam no poder do planejamento formal de longo prazo, como também na capacidade das decisões tomadas no alto escalão serem implementadas em toda a cadeia de comando. Os incrementalistas realçam o papel dos escalões médios da empresa, desconfiam de decisões de longo prazo em um ambiente mutante e incerto, realçando a necessidade da contínua correção das ações (QUINN & VOYER, 2006). Mitzberg (2006) coloca que a estratégia efetivamente realizada por uma empresa pode ser percebida pelos padrões de seu comportamento. Já a estratégia formalmente deliberada é apenas um dos componentes dinâmicos dessa estratégia realizada.

Classificado como uma racionalista, Michael Porter teve uma forte influência no campo estratégico. Segundo o autor (1992), uma empresa conquista a vantagem competitiva ao ser capaz de entregar mais valor aos seus clientes. Um primeiro caminho para esse objetivo é alcançar custos de produção menores que dos concorrentes, ação que é denominada de *estratégia de liderança em custo*. A segunda forma é criar um produto pelo qual os clientes estão dispostos a pagar mais, correspondendo à *estratégia de diferenciação*. Ambas as estratégias têm uma variante quando o público-alvo é mais restrito, denominada *estratégia de segmentação*. Além dessa tipologia de três estratégias genéricas para unidades de negócio, a obra de Porter (1996) ainda formaliza a relação entre estratégia e posicionamento:

“Estratégia é criação de uma posição de valor e única, envolvendo um conjunto de atividades diferentes. [...] A essência do posicionamento estratégico é escolher atividades que sejam diferentes das atividades dos rivais.
[...] Uma companhia só pode ter um desempenho melhor que as rivais se puder estabelecer uma diferença que possa preservar”.

Porter (1986) usa uma abordagem do tipo estrutura-conduta-desempenho: as estratégias devem se basear em um posicionamento frente à estrutura do setor. Essa estrutura é analisada a partir de cinco forças competitivas: (a) ameaça de novos entrantes; (b) poder de negociação dos fornecedores; (c) poder de negociação dos compradores; (d) ameaça de produtos substitutos; (e) rivalidade entre os concorrentes. Embora essa abordagem seja muito distinta da perspectiva interna da VBR, Barney (1991) aponta espaços de complementaridade. As forças e fraquezas analisadas nos recursos e capacitações internas espelham-se nas ameaças e oportunidades da estrutura setorial. As duas abordagens igualmente se preocupam com as especificidades da empresa, as quais podem lhe garantir vantagens competitivas sustentáveis. Recursos, capacitações e posicionamentos imitáveis facilmente não têm esse poder.

Qualquer ação estratégica terá alguma correspondência na dimensão tecnológica. Por exemplo, a estratégia de liderança em custo pode ser baseada em inovações de processo, economias de escala e aprendizagem organizacional. Por sua vez, uma estratégia de liderança por diferenciação deve enfatizar inovações de produto e a interação com os usuários. Além dessas correspondências, como será visto a seguir, é possível encontrar na literatura algumas categorizações que colocam a tecnologia como eixo central.

Schumpeter (1934/1997) é responsável pela distinção entre inovação incremental e inovação radical. Inovações incrementais acontecem continuamente e são mudanças relativamente pequenas na base tecnológica. Já as inovações radicais referem-se a mudanças profundas. Um exemplo vem do próprio Schumpeter (ibid.): “Adicione sucessivamente quantas diligências quiser, com isso nunca terá uma estrada de ferro.” Assim, segundo a formulação de Porter (1992), podem ser distinguidas estratégias tecnológicas contínuas (incrementais) e descontínuas (radicais). Um caso mais extremo é de mudanças de paradigmas

tecnológicos (DOSI, 1982), que abrem um campo completamente novo de exploração de inovações subsequentes e de mercado.

De Porter (1992) também vem a distinção entre a estratégia de liderança tecnológica e a estratégia de seguimento. No primeiro caso, a empresa busca desfrutar das vantagens em ser o primeiro a mover-se: reputação, posicionamento antecipado no mercado, lucros iniciais, avanço à frente na curva de aprendizagem. Porém, essa estratégia também tem desvantagens tais como: custos com erros, incerteza na demanda, potenciais mudanças no gosto do consumidor. A empresa seguidora busca evitar essas desvantagens, imitando seletivamente o líder.

Além dessas definições básicas, uma estratégia tecnológica precisa tomar decisões em diversos aspectos operacionais (TIDD et al., 2008), entre eles:

- (a) Fonte de tecnologia: criar isoladamente, em parceria com empresas e/ou instituições públicas, ou licenciá-la de terceiros.
- (b) Local da pesquisa e desenvolvimento (P&D): departamento isolado e único; departamentos próprios por unidades de negócio, ou P&D completamente difusa na organização.
- (c) Apropriabilidade: patente, segredo industrial, ou mudança contínua à frente da concorrência.

Em seu estudo sobre padrões setoriais de inovação, Pavitt (1984) apontou setores que não costumam desenvolver inovações internamente. Esse é o caso do setor agrícola que se baseia na indústria química, de sementes e de máquinas. As estratégias das firmas nesse tipo de setor têm que lidar primordialmente com a seleção, avaliação e aprendizagem no uso de tecnologias.

Por fim, o quadro 1 traz um sumário das estratégias de comportamento empresarial de Miles & Snow (1978/2003), que serão aproveitadas posteriormente neste estudo.

Quadro 1. Estratégias de Comportamento de Miles e Snow

<i>Comportamento</i>	<i>Características da Organização</i>
Defensivo	Empresas altamente especializadas, que se recusam a alterar profundamente sua base tecnológica e organizacional e se focalizam no aumento de eficiência.
Reativo	Os administradores da empresa reconhecem as mudanças no ambiente, mas são incapazes de trazer respostas adequadas e proativas. Essas empresas se ajustam apenas de forma reativa, quando finalmente forçadas.
Analista	São empresas que atuam em ao menos um mercado estável e outro em transformação. Neste último mercado, a organização busca acompanhar e responder às mudanças.
Prospectivo	Contínua busca de novas oportunidades, desafiando o setor de maneira sistemática

Fonte: Adaptado de Miles e Snow (1978/2003)

3. Construção de capacitações na história do setor de etanol no Brasil

O Brasil já possuía uma experiência secular com a cultura canavieira e a produção de açúcar quando o governo tomou a iniciativa de promover o etanol da cana como alternativa à gasolina a partir de 1975. O objetivo principal era a diminuição das despesas com a importação de petróleo. Ganhando um forte impulso em 1979 com o segundo choque do

petróleo, o Programa Nacional do Alcool oferecia diversos incentivos à produção de cana e de etanol, tais como empréstimos facilitados, subsídios diretos e garantia de preços. A indústria automobilística e os compradores de carro também foram alvo de incentivos. Em 1986, 96% dos carros novos vendidos eram movidos a etanol. O PROÁLCOOL não deixou de ser alvo de críticas, seja pelos impactos ambientais como as queimadas, pelas condições de trabalho no corte da cana, ou pela proteção a um setor particular com um grande montante de dinheiro público. Por parte da população, o custo do programa era sentido diretamente pelo sobrepreço da gasolina a fim de subsídio cruzado. Ao final dos anos oitenta, o PROÁLCOOL estava em um período crítico: (a) um ciclo de baixa do preço do petróleo havia tirado a premência por um substituto; (b) problemas de abastecimento enfraqueceram a confiança no consumidor e obrigaram o Brasil a importar etanol; (c) uma parte importante da sociedade e da classe política passou a rejeitar uma presença tão forte do Estado na economia. A desregulamentação do setor, com a suspensão de subsídios e liberação de preços, foi iniciada em 1991 e completada em 1997. Mantém-se a obrigatoriedade da mistura de etanol anidro na gasolina na faixa de 20 a 25%. (VIAN & RODRIGUES, 2008; NEVES & CONEJERO, 2010; MOREIRA & GOLDEMBERG, 1999; LEITE, 1990)

Do ponto de vista financeiro, a análise de Moreira & Goldemberg (1999) indica que as economias do Brasil com a importação de petróleo e derivados e com correspondentes juros de dívida ultrapassou os custos com o PROÁLCOOL. Em 1996, por exemplo, o Brasil teria economizado 4,9 bilhões de dólares em importações de petróleo, sendo que os subsídios cruzados vindo da gasolina haviam somado 2 bilhões de dólares. Dados compilados pelo BNDES e CGEE (2008: 161) também indicam um balanço positivo.

Seguindo a conceituação de Kemp (1998), pode-se dizer que o PROÁLCOOL criou um nicho tecnológico. O programa permitiu que uma tecnologia ainda não competitiva pudesse avançar na curva de aprendizagem, beneficiar-se do aumento de escala, interagir com os usuários e criar canais de distribuição. Alguns indicadores permitem observar o efeito dessa aprendizagem e melhoria de capacitações: a produtividade industrial — medida em açúcares redutores totais (ARTs) por tonelada de cana moída — aumentou 76% entre 1975 e 2005 (ROSÁRIO, 2008). No mesmo período, a produtividade da cultura de cana cresceu 28% em termos de tonelada por hectare (ibid.). Dados compilados por Moreira & Goldemberg (1999) mostram que o preço pago aos produtores de etanol caiu aproximadamente 55% entre 1981 e 1996. Estimativas de custo apontam que o etanol de cana no Brasil é mais barato do que o etanol de milho dos EUA em 20% (USDA, 2006). (Ver o quadro 2 para exemplos de capacitações ligadas a redução de custo).

A desregulamentação do setor entre 1991 e 1997 mostrou-se como um fator crítico de mudança, ao qual as empresas responderam por ações diferenciadas (VIAN & RODRIGUES, 2008; ROSÁRIO & CRUZ, 2006; ABDO, VIAN & LIMA, 2006). Destaca-se a habilidade adquirida de cogeração de energia em forma de vapor e de eletricidade a partir do bagaço da cana (Ver quadro 2 para capacitações associadas). A cogeração permite à usina eliminar custos com compra de energia e gerar receitas pela venda de energia à rede e pela comercialização de créditos de carbono (DANTAS, 2008). Além do benefício financeiro direto, a utilização do resíduo melhora o balanço energético geral do sistema cana/etanol, incrementando a sua performance ambiental. Em 2007, a energia gerada pelo bagaço de cana representou 3,6% da matriz de energia elétrica nacional, projeções apontam que essa participação pode crescer para 15% em 2020 (dados da ANEEL e CCEE *apud* NEVES & CONEJERO, 2010).

Deve-se ressaltar a importância de inovações geradas externamente ao setor de etanol. Primeiramente, as escolhas e desenvolvimentos na indústria automobilística possuem um impacto determinante. Como faz a Toyota há mais de uma década (COUP, 1999), as montadoras realizam pesquisa em uma diversidade de opções tecnológicas, indo do carro elétrico, ao híbrido ou com célula-combustível. No mercado brasileiro, houve a introdução do

carro *flex* (bicombustível etanol e gasolina) pela Volkswagen em 2003. Neste ano, 7% dos carros novos eram *flex*, em 2008 já eram 91% (ANFAVEA, 2009). Nesse período, o consumo doméstico de etanol hidratado (não destinado à mistura com gasolina) passou de 3,2 para 13,3 bilhões de litros, um aumento de 300% (ANP, 2009).

Em segundo lugar, mudanças no processo de fabricação de etanol podem vir de fabricantes de equipamentos e de dispositivos de controle; ou também de empresas de biotecnologia e instituições públicas, como no caso de cepas de leveduras para fermentação geneticamente modificadas. Por fim, há a questão da produtividade no campo — o fornecimento de cana se dá por uma diversidade de arranjos, passando por integração vertical, contratos de arrendamento, e mercado à vista. A cultura canavieira se beneficia fortemente da disponibilidade de variedades genéticas de cana, oriundas de empresas como a Monsanto ou de órgãos como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, público) ou o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC, privado).

Quadro 2. Capacitações no Setor Brasileiro de Etanol (exemplos)

<i>Fim estratégico</i>	<i>Área</i>	<i>Capacitações</i>
Redução de custos	Produção de etanol	Automação Industrial Controle digital Uso de leveduras modificadas Extração por difusão
	Produção de cana	Uso de variedades de cana Aproveitamento da vinhaça (resíduo) na irrigação Mecanização da colheita Técnicas de agricultura de precisão
	Transporte e distribuição	Uso de sistemas de informação em tempo real Otimização de entregas Controle da qualidade da matéria-prima
Diferenciação	Etanol	Procedimentos para certificação ambiental Produção de álcool orgânico
	Açúcar	Processos para fabricação de açúcar líquido, orgânico e demais tipos Embalagens de volume diferenciado
Diversificação/ Redução de custos	Cogeração de energia	Uso de caldeira para queima do bagaço e geração de vapor Uso do vapor para geração de energia elétrica em turbina Gestão da conexão e de contratos com a rede elétrica Gestão de contratos de créditos de carbono
Diversificação	Biodiesel Plástico Etanol celulósico	Domínio e otimização de novos processos de produção Abertura de novos canais de marketing.
Penetração e Desenvolvimento do Mercado Exterior	Venda de Etanol	Alianças estratégicas Comunicação e marketing Gestão de canais de distribuição.

Fonte: Elaboração própria apoiada em Pedro (2003); Vian & Rodrigues (2008), Neves & Conejero (2010).

A trajetória do setor de etanol mostra a transformação e criação de capacitações em um ambiente que, apesar da proteção do Estado em uma primeira fase, colocou desafios críticos, assim como oportunidades a serem exploradas. Atualmente, existem cerca de 400 unidades produtoras de etanol no Brasil e elas possuem assimetrias relevantes em termos de escala, produtividade industrial e estratégias de competição (ROSÁRIO, 2008; ABDO, VIAN

& LIMA, 2006; VIAN et al., 1997). A perspectiva do mercado de combustível e de energia em um mundo sem petróleo eleva o grau de complexidade, competição, como também de potenciais retornos. Assim, deve-se indagar quais são as estratégias disponíveis a essas empresas, quais delas estão sendo implementadas e de que forma.

4. O espaço das estratégias tecnológicas para o mercado futuro de biocombustíveis

Sugere-se a seguir uma categorização de estratégias tecnológicas básicas que podem ser seguidas pelos produtores brasileiros. A distinção-chave entre elas é o grau com que as capacitações atuais terão que ser modificadas.

(1) *Estratégia defensiva/Liderança em custo.* Essa estratégia compreende aprendizagem e mudanças nas capacitações, mas restritas à base tecnológica já existente. (Ou seja, fabricação de etanol por fermentação a partir da cana, cogeração de energia e produção de cana). O objetivo é posicionar o etanol como o biocombustível de mais baixo custo, aumentando continuamente a eficiência do sistema.

Essa estratégia pode se dar por diversos meios, tais como exploração de economias de escala, uso de novas cepas de leveduras, melhor gestão da cadeia de suprimentos, uso de variedades de cana mais resistentes a pragas. É importante nessa estratégia o uso ampliado de resíduos para cogeração, o que melhora o desempenho ambiental de todo o processo e, dessa forma, aumenta a perspectiva da aceitação do etanol no mercado exterior. Ainda nesse campo, são valiosas as capacitações de comunicação e convencimento do cliente internacional.

O principal risco dessa estratégia são inovações tecnológicas profundas que gerem biocombustíveis mais limpos e com preços competitivos. Um segundo risco está na possibilidade do sistema cana/etanol entrar em uma fase de retornos decrescentes em sua curva de aprendizagem. Isso significa que esforços cada vez maiores seriam necessários para se obter o mesmo ganho relativo de produtividade.

2) *Estratégia de diversificação seletiva/seguimento.* Neste caso, a empresa desenvolve novas capacitações para o uso de resíduos da produção de cana e etanol, ou mesmo para o uso de outras fontes de biomassa. Essas matérias-primas podem ser convertidas por processos variados em diesel, etanol celulósico ou plásticos. As usinas ficariam mais próximas do conceito de biorefinaria. O ponto-chave aqui é usar essa diversificação como uma ponte para as capacitações para produzir biocombustíveis de segunda geração em larga escala. Não é uma estratégia de liderança tecnológica, mas de seguimento, que busca expandir as capacitações da firma e posicioná-la melhor no caso de uma transformação profunda no mercado. Está próxima de uma postura analista (quadro 1).

Os riscos envolvidos começam com a incerteza inerente à entrada em novos mercados. (Por exemplo, quanto aos retornos). Existe também o desafio da administração eficiente de unidades de produção heterogêneas. Assim, as usinas teriam que se aproximar da estrutura multiproduto das empresas químicas. Por fim, há o perigo dessa estratégia ser lenta demais no caso de uma transformação radical do mercado.

3) *Estratégia de liderança em biocombustíveis de segunda geração.* Esta estratégia requer investimentos com o objetivo de reconfigurar as capacitações da empresa de forma agressiva. Significa empenhar-se no processo de tentativa-e-erro para desenvolver técnicas e produtos inovadores, além do desafio de arranjá-los em um modelo de negócio viável. Essa estratégia tem o potencial de ajudar a transformar o próprio mercado e posicionar a empresa pioneiramente. É uma postura do tipo prospectiva (quadro 1).

Os riscos são relacionados àqueles de qualquer estratégia de liderança tecnológica: tanto a viabilidade técnica quanto de mercado são especialmente incertas para inovações radicais. Mesmo que a inovação seja bem-sucedida pode haver espaço para imitações menos custosas.

5. Considerações finais e agenda de pesquisa

O conceito de capacitações dinâmicas oferece um referencial para a análise e discussão das estratégias tecnológicas disponíveis ao setor brasileiro de etanol. Os resultados dessas estratégias, que devem ser decididas no panorama complexo e incerto da substituição do petróleo, terão impacto na participação do país no mercado exterior e na sustentação de vantagens competitivas atuais.

Partindo desse referencial, esboça-se aqui uma agenda de pesquisa para acompanhar a adoção e implementação de ações estratégicas:

(a) *Estratégias deliberadas*. A metodologia pode incluir: *surveys*, entrevistas presenciais com tomadores de decisão, *scanning* de noticiário e relatórios empresariais. Como também acompanhamento de acordos com convênios com institutos de pesquisa e com outras empresas.

(b) *Estratégias realizadas*: análises de patentes, artigos científicos, custos de produção, preços, produtividade industrial, produtividade no campo. Acompanhamento da abertura de plantas de fabricação e licenciamento de tecnologia.

Referências

- ABDO, M. D.; VIAN, C. E. F.; LIMA, R. A. S. Estratégias administrativas e operacionais utilizadas pelas usinas de açúcar e álcool da região de Ribeirão Preto. In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 2006, Fortaleza. *Anais...*, 2006. p. 2-20.
- ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. 2009. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 2 de maio de 2010.
- ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2009. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=8240>>. Acesso em: 2 de maio de 2010.
- ANSOFF, H. I. (1965). *Estratégia Empresarial*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1981. 209p.
- ANTIZAR-LADISLAO, B.; TURRION-GOMEZ, J. L. Second-generation biofuels and local bioenergy systems. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 2, n. 5, p. 455-469, 2008.
- BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.
- BNDES; CGEE. *Bioetanol de Cana-de-açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316p.
- CHANDLER, A.D. Jr. (1962). *Strategy and Structure*. MA: MIT Press. 1990. 480p.
- COUP, D. Toyota's approach to alternative technology vehicles: The power of diversification strategies. *Corporate Environmental Strategy*, v. 6, n. 3, p. 258-269, 1999.
- DANTAS, G. *O impacto dos créditos de carbono na rentabilidade da co-geração sucroalcooleira brasileira*. Dissertação de Mestrado. ISEG/Universidade Técnica de Lisboa, 2008.
- DOORNBOSCH, R.; STEENBLIK, R. Biofuels: Is the cure worse than the disease? *REDESMA*, p. 64-100, jul. 2008.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v.11, p. 147-171, 1982.
- _____. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 1988, v. 26, n. 3, p. 1120-71. 1988.
- EISENHARDT, K. M.; MARTIN, J. A. Dynamic capabilities: what are they? *Strategic Management Journal*, v. 21, p. 1105-1121, 2000.

FORTMAN, J. L.; CHHABRA, S.; MUKHOPADHYAY, A.; CHOU, H.; LEE, T. S.; STEEN, E.; KEASLING, J. D. Biofuel alternatives to ethanol: pumping the microbial well. *Trends in Biotechnology*, v. 26, n. 7, p. 375-381, jul. 2008.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds.). *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter, 1988. p. 38-66..

GODARD, O. Stratégies industrielles et conventions d'environnement: de l'univers stabilisé aux univers controversés. *INSEE — Méthodes - Environnement et Économie*, Paris: CIRED, p. 145-174, 1993.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane *Energy Policy*, v. 36, p. 2086-2097, 2008.

GRANT, R. M. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, v. 17, ed. especial de inverno, p. 109-122, 1996.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key World Energy Statistics. Arquivo em PDF, OCDE/IEA, 2009. Disponível em <http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1199>. Acesso em: 2 de maio de 2010.

KEMP, R. *Environmental Policy and Technical Change: A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments*. Cheltenham: Edward Elgar. 1997. 360p.

_____. Regime shifts in sustainability through processes of niche formation. The approach of strategic niche management, *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 10, n. 2, p. 175-195, 1998.

KOGUT, B.; ZANDER, U. Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, v. 3, n. 3, p. 383-397, ago. 1992.

KYLAHEIKO, K.; SANDSTROM, J.; VIRKKUNEN, V. Dynamic capability view in terms of real options. *International Journal of Production Economics*, v. 80, p. 65-83, 2002.

LAMPE, M. Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels. OCDE paper, 2006. Disponível em <<http://www.oecd.org/dataoecd/58/62/36074135.pdf>>. Acesso: 2 de maio de 2010.

LEITE, R. C. *Pró-álcool: A Única Alternativa para o Futuro*. 3. ed. Campinas: UNICAMP. 1990.

MILES, R. E.; SNOW, C. C. (1978). *Organizational Strategy, Structure, and Process*. Stanford: Stanford Business Books. 2003. 274p.

MINTZBERG, H. Cinco Ps para a estratégia. In: MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; QUINN, J.; GHOSHAL, S. *O Processo da Estratégia*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman. 2006. p. 24-29.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; AHLSTRAND, B. *Strategy Safari*. Nova York: The Free Press. 1998. 416p.

MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. The alcohol program. *Energy Policy*, v. 27, n. 4, p. 229-245, abr. 1999.

NELSON R. Why do firms differ, and how does it matter? *Strategic Management Journal*, vol. 12, ed. especial de inverno, p. 61-74, 1991.

NELSON, R.; WINTER, N. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1982. 437p.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. *Estratégias para a Cana no Brasil*. São Paulo: Atlas. 2010. 288p.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, p. 343-373, 1984.

PEDRO, E. S. *Gestão Tecnológica: Um Estudo de Caso no Setor Sucro-alcooleiro*. (Dissertação de mestrado) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2003.

PENROSE, E. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. 3. ed. New York: Oxford Press. 1995. 296p.

POLANY, M. *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago: University Of Chicago. 1974. 442p.

PORTER, M. E. *Vantagem Competitiva*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus. 1992. 514p.

_____. What is Strategy? *Harvard Business Review*, p. 60-78, nov./dec. 1996.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, v. 68, n. 3, p. 79-80, maio-jun. 1990.

QUINN, J. B.; VOYER, J. Incrementalismo lógico: administrando a formação estratégica. In: MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; QUINN, J.; GHOSHAL, S. *O Processo da Estratégia*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman. 2006. p. 165-169.

ROSÁRIO, F. J. P. *Competitividade e Transformações Estruturais na Agroindústria Sucroalcooleira no Brasil: Uma Análise sob a Ótica dos Sistemas Setoriais de Inovações*. (Tese de doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

ROSÁRIO, F. J. P.; CRUZ, N. J. T. Estratégias competitivas e de inovação na modernização recente da agroindústria sucro-alcooleira do Brasil. IN: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2006, Resende. *Anais...* 2006. p. 1-12.

ROSENBERG, N. *Inside the Black Box*. Cambridge: Cambridge University, 1982. 304p.

SCHUMPETER, J. (1934) *Teoria do Desenvolvimento Econômico*. Trad. de Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural. 1997. 239p

SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil. *Circular Técnica Embrapa*, n. 27, p. 2-14, abr. 2009.

TEECE, D.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, v. 18, p. 509-533, 1997.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Gestão da Inovação*. Porto Alegre: Bookman. 2008. 600p.

UNICA. Exportetanol anual. Arquivo no formato Excel. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 2 de maio de 2010.

USDA. *The Economic Feasibility of Ethanol Production from Sugar in the United States*. Relatório. 2006. Disponível em <www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/ethanol_fromsugar_july06.pdf>. Acesso em: 2 de maio de 2010.

VIAN, C. E. F.; EID, F.; SCOPINHO, R. A.; SILVA, P. R. C. Estratégias de Crescimento e Adoção de Progresso Técnico nas Destilarias e Usinas do Setor Sucroalcooleiro Paulista. In: XVII ENEGEP, 1997, Gramado. *Anais...* 1997.

VIAN, C. E. F.; RODRIGUES, L. P. Evolução da Estrutura do Complexo Agroindustrial Canavieiro Paulista no século XX: Centralização Capitais, Desconcentração Técnica e Estratégias Competitivas. *DESAFIO : R. Econ. e Adm. Campo Grande, MS*, v. 9, n. 17, p. 31-69, jan/abr. 2008.

WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; GARCIA, J.; SILVA, C.; PIACENTE, F.; SEGERSTEDT, A. *A Sustainability Analysis of the Brazilian Bio-ethanol*. Relatório, UNICAMP, Campinas, 2008.

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, v. 5, p. 171-180, 1984.

WOODS, J.; BAUEN, A. *Technology Status Review and Carbon Abatement Potential of Renewable Transport Fuels in UK*. Department of Trade and Industry. Arquivo no formato Acrobat. 2003. Disponível em <www.bis.gov.uk/files/file15003.pdf>. Acesso em: 2 de maio de 2010.