

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção  
das tecnologias de agricultura de precisão**

**Claudia Brito Silva**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba  
2009**

Claudia Brito Silva  
Bacharel em Ciências Econômicas

**Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão**

Orientador:

Profa. Dra. **MÁRCIA AZANHA FERRAZ DIAS DE MORAES**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba**  
**2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva, Claudia Brito

Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão / Claudia Brito Silva. - - Piracicaba, 2009.  
89 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.  
Bibliografia.

1. Agricultura de precisão 2. Cana-de-açúcar 3. Indústria sucroalcooleira - São Paulo (SP)  
4. Tecnologia agrícola I. Título

CDD 338.476641  
S586i

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

***DEDICO***

*Aos meus pais, Joaquim e Dora, que sempre conduziram cada passo meu na direção de uma educação bem orientada para construir este ser com coragem para travar batalhas, mas, sobretudo, com sensibilidade para a ternura da vida.*

*Ao Fábio, meu grande amor, por me valorizar e apoiar, sendo minha grande motivação para olhar o futuro e o desejar intensamente.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. De modo especial, manifesto minha gratidão:

A Deus, por fortalecer em mim normas de disciplina e o recolhimento necessário para confiança, coragem e, sobretudo, esperança ao longo deste percurso.

Aos queridos manos, Elisa, Marina e Saulo, presentes na minha vida.

À orientadora, Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes, que, no momento que mais precisei, mostrou seu apoio, estímulo, sabedoria e, especialmente, solidariedade. Minha admiração e gratidão.

Ao professor de Máquinas Agrícolas, José Paulo Molin, sempre disposto a prestar seu apoio e incentivo permanente do início até o fim deste percurso acadêmico.

Aos professores Mirian Mirian Rumenos Piedade Bacchi e Andrea Rodrigues Ferro pelas valiosas contribuições, sugestões e críticas.

Aos gerentes agrícolas das usinas/destilarias que responderam o questionário da pesquisa, por sua contribuição decisiva e fundamental, indispensável à elaboração da tese.

A CAPES por me conceder a bolsa de doutorado.

Aos funcionários do Departamento de Economia, Administração e Sociologia, especialmente à Maielli, sempre prestativa, amiga e eficiente; ao Álvaro, por sua ajuda e presteza e à Helena, por sua especial ajuda na formatação da tese.

Ao Pedro Rodrigues, à Juliana Aquino, à Priscila Casari e ao Fernando Elias pelas horas de dedicação nas ajudas preciosas.

Aos amigos da ESALQ, em especial a Carolina Yuri, Mariusa Pitelli, Leila Harfuch, Jerônimo Santos, Tiago Mayoral e Carlos Caldarelli, que compartilharam preocupações e me incentivaram sempre.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE SIGLAS .....	12
LISTA DE TABELAS .....	10
1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Agricultura de precisão .....	19
1.2 Objetivos .....	22
1.2.1 Objetivo geral .....	22
1.2.2 Objetivos específicos .....	22
1.3 Organização do estudo .....	22
2 IMPORTÂNCIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO .....	23
2.1 Cana-de-açúcar .....	24
2.2 Açúcar e álcool .....	26
3 REFERENCIAL TEÓRICO .....	29
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	34
4.1 Inovação na indústria brasileira .....	34
4.2 Condicionantes da adoção das tecnologias de AP .....	44
5 METODOLOGIA .....	47
5.1 Modelo econométrico .....	48
5.1.1 Descrição das variáveis selecionadas .....	50
5.2 Coleta dos dados .....	52
5.3 Questionário da pesquisa .....	53
5.3.1 Conceituação das variáveis investigadas .....	54
5.3.1.1 Características das empresas .....	55
5.3.1.2 Uso das tecnologias de AP .....	56
5.3.1.3 Atividades de AP .....	56
5.3.1.4 Impactos da AP .....	57
5.3.1.5 Fontes de informação para adoção da AP .....	57

5.3.1.6 Problemas e obstáculos à adoção .....	58
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
6.1 Análise descritiva dos dados.....	59
6.1.1 Características das empresas .....	59
6.1.2 Uso das tecnologias de AP .....	64
6.1.3 Atividades de AP .....	68
6.1.4 Fontes de informação para adoção da AP .....	69
6.1.5 Impactos da AP.....	70
6.1.6 Problemas e obstáculos à adoção.....	71
6.2 Modelo estimado .....	73
7 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS .....	82
ANEXO .....	87

## RESUMO

### **Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão**

As tecnologias de Agricultura de Precisão – AP já são adotadas nas lavouras do Brasil, com técnicas cada vez mais produtivas, indispensáveis para garantir a liderança do país na produção agrícola. No entanto, não existem ainda estudos sobre a intensidade do uso das tecnologias de AP no país e dos condicionantes de sua adoção. O desafio central deste trabalho foi, então, investigar o processo de adoção e uso das tecnologias de AP alcançado pela indústria sucroalcooleira no Estado de São Paulo. Para tanto, foram utilizados dados primários, a partir do encaminhamento de questionário a todas as empresas do setor sucroalcooleiro paulista, com o objetivo de se conhecer, não só o grau de adoção e uso das tecnologias de AP, mas também aprofundar a discussão sobre o tema da AP na indústria sucroalcooleira. Assim, foram obtidas informações sobre as características das empresas, as fontes de informação para adoção, os impactos da AP nas empresas e os obstáculos encontrados às práticas de AP. Paralelamente, estimou-se um modelo econométrico lógite para verificar a influência das variáveis estudadas na probabilidade de adoção das tecnologias de AP. As principais conclusões deste trabalho sugerem que a adoção e uso dessas tecnologias trazem resultados positivos para as empresas, como por exemplo, a melhoria no gerenciamento, o aumento da produtividade, a redução dos custos, a minimização dos impactos ambientais e a melhoria da qualidade da cana. A análise econométrica mostrou que a probabilidade de adotar as tecnologias de AP é maior em ordem decrescente de importância, em usinas/destilarias de capital nacional, que fazem parte de um grupo empresarial, de orientação exportadora, de gestão profissional, e que utilizam maior percentual de fontes de financiamento próprio.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Modelo lógite; Cana-de-açúcar; Estado de São Paulo



## ABSTRACT

### **Innovation in the sugarcane industry of São Paulo state: determiners to adopt technologies of precision agriculture**

The technologies of Precision Agriculture – PA – are already a reality in crops throughout Brazil, using more and more productive techniques, crucial to ensure the country as the world leader in agriculture. However, there are not yet studies on the intensity of the use of PA technologies in Brazil and the determiners of their adoption. The main focus of this study was, therefore, to investigate the adoption process and the use of PA technologies in the sugarcane industry in São Paulo state. For that purpose, it was used primary data based upon a questionnaire submitted to all enterprises of the sugarcane sector in the state, aiming to figure out not only the adoption level and use of PA technologies in the sugarcane industry, but also to deepen the discussion about Precision Agriculture, obtaining therefore, more information regarding the characteristics of the enterprises, sources of information for the adoption of PA, the impact of PA technologies on the enterprise and the obstacles faced by the PA practices. In parallel, the econometric model logit was estimated to verify the influence of the variables studied on the probability for the adoption of the PA technologies. The main conclusions of this study suggest that the adoption for these technologies bring results to enterprises, such as improvement of management procedures, increase of productive, cost reduction, minimization of environmental impacts and improvement of sugarcane quality. The econometric analysis showed that the probability to adopt PA technologies is higher in decrescent order of importance in mills/distilleries of national capital, which are part of an export-driven group, of professional management and that use higher percentage of their own resources.

Keywords: Precision agriculture; Logit model; Sugarcane; The State of São Paulo

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Venda de autoveículos novos por combustível.....	24
Figura 2 – Participação de produção de cana-de-açúcar por Estado .....	26
Figura 3 – Estrutura do questionário da pesquisa.....	55
Figura 4 – Associação das usinas/destilarias que adotam e não adotam AP por tipos de parceria - Estado de São Paulo - 2008.....	64
Figura 5 – Taxa de adoção da AP, segundo tecnologias de AP - Estado de São Paulo - 2008 .....	65
Figura 6 – Percepção do uso da AP na indústria sucroalcooleira - Estado de São Paulo - 2008.....	67
Figura 7 – Empresas que contratam ou não contratam, integral ou parcialmente, serviços de AP prestados por terceiros - Estado de São Paulo - 2008 .....	67
Figura 8 – Serviços de AP prestados por terceiros, por tipo de tecnologia de AP - Estado de São Paulo - 2008 .....	68
Figura 9 – Problemas e obstáculos apontados pelas usinas/destilarias que adotam e não adotam AP - Estado de São Paulo - 2008.....	72

## LISTA DE SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores  
AP - Agricultura de Precisão  
APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
BACEN - Banco Central do Brasil  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CBE - Capitais Brasileiros no Exterior  
CEB - Censo de Capitais Estrangeiros no Brasil  
CNPJ - Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica  
ConBAP - Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão  
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento  
CTC - Centro de Tecnologia Canavieira  
GERHAI - Grupo de Estudos em RH na Agroindústria  
GMEC - Grupo de Motomecanização  
GPS - Sistema de Posicionamento Global  
IAA - Instituto do Açúcar e do Alcool  
IAC - Instituto Agrônomico  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ID - Investimento Direto no Exterior  
IEA - Instituto de Economia Agrícola  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior  
MPO - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão  
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego  
OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
PDP - Política de Desenvolvimento Produtivo  
PIA - Pesquisa Industrial Anual  
PIB - Produto Interno Bruto

PINTEC - Pesquisa de Inovação Tecnológica  
PITCE - Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior  
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios  
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento  
RAIS - Relação Anual de Informações Sociais  
RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro  
SAA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
SECEX - Secretaria de Comércio Exterior  
SIG - Sistema de Informação Geográfica  
UDOP - União dos Produtores de Bioenergia  
UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar  
VPA - Valor da Produção Agropecuária  
VRT - tecnologia de aplicação em taxa variada

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de área, produtividade e produção de cana-de-açúcar para as safras 2006/07 e 2007/08.....	25
Tabela 2 – Estimativa da produção de açúcar e álcool para as safras 2006/07 e 2007/08.....	27
Tabela 3 – Inserção das empresas no comércio exterior por categoria – média em 2000.....	37
Tabela 4 – Média do percentual de gastos em atividades inovativas sobre o faturamento das empresas por estratégia competitiva em 2000.....	40
Tabela 5 – Percentual de empresas inovadoras que atribuíram alta importância às fontes de informação para inovação - 1998-2000.....	41
Tabela 6 – Percentual das empresas inovadoras que atribuíram alta importância a problemas específicos que afetam a capacidade de inovação da firma – 1998-2000.....	43
Tabela 7 – Impactos da inovação: percentual de empresas inovadoras que atribuíram alta importância à inovação sobre os aspectos do processo competitivo – 1998-2000 ..	44
Tabela 8 – Número e distribuição das usinas/destilarias do Estado de São Paulo, segundo situações de coleta - 2008.....	54
Tabela 9 – Características médias das empresas que adotam e não adotam AP - Estado de São Paulo - 2008 .....	60
Tabela 10 – Número de empresas que adotam e não adotam AP, segundo a origem do capital controlador e a orientação exportadora - Estado de São Paulo - 2008.....	61
Tabela 11 – Número de empresas que adotam e não adotam AP, segundo grupo ou unidade e gestão - Estado de São Paulo - 2008 .....	62
Tabela 12 - Fontes de financiamento utilizadas pelas usinas/destilarias - Estado de São Paulo - 2008.....	63
Tabela 13 – Percentagem de empresas que adotam AP, segundo faixas de tempo de experiência com AP - Estado de São Paulo - 2008.....	66
Tabela 14 – Percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância as atividades de AP - Estado de São Paulo - período 2003-2008 .....	69
Tabela 15 – Fontes de informação para adoção da AP: percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância a fontes de informação específicas - Estado de São Paulo - 2008 .....	70

Tabela 16 – Impactos da AP: percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância a impactos específicos - Estado de São Paulo - 2008.....	71
Tabela 17 – Condicionantes da adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista - 2008 .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

A literatura recente aponta que o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias são essenciais para crescimento da produção e aumento da produtividade (ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE, 1997). O mercado globalizado exige das empresas reestruturação para enfrentar a abertura da economia, engajando-se em processos de racionalização, inserção internacional e inovação – recursos internos que possibilitaram a transformação da indústria brasileira em uma das maiores e mais diversificadas entre os países em desenvolvimento, apesar de ser ainda deficiente seu processo de inovação. Sem dúvida que a inserção internacional mais dinâmica e competitiva da indústria nacional só pode ser obtida por meio da adoção de novas tecnologias. Portanto, pode-se afirmar que a inovação tecnológica é o elemento-chave para a indústria enfrentar a abertura da economia e buscar a melhor inserção no mercado mundial.

Manter-se sem inovações pode representar um sério risco à sobrevivência da indústria. Ciente da necessidade da inovação tecnológica no processo da inserção da indústria no comércio internacional, o governo federal aprovou a lei de inovação para regular e facilitar a relação entre as instituições públicas de ciência e tecnologia (universidades, institutos e centros de pesquisa) e empresas privadas com o objetivo de incentivar parcerias e desenvolver a inovação na empresa (BRASIL, 2004). Segundo Plonski (2006), a eficácia da lei de inovação é contingente à existência de um ambiente econômico que a estimule e de um ambiente cultural que a valorize, ressaltando que o país ainda precisa avançar bastante nessas duas frentes.

Ainda visando estimular a inovação tecnológica, o governo criou em 30 de dezembro de 2004, por lei, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, cuja missão é promover o desenvolvimento industrial e tecnológico brasileiro por meio do aumento da competitividade e inovação. O objetivo principal dessa entidade é articular, coordenar e promover a execução dos projetos estabelecidos pela Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior - PITCE em interação com os diversos órgãos públicos e a iniciativa privada (ABDI, 2008).

Mais esforço nacional, nesse sentido, vem sendo feito. Por exemplo, em 8 de maio de 2008, foi lançada a Política de Desenvolvimento Produtivo - PDP com medidas que procuram estimular as exportações e ampliar a capacidade de produção das empresas brasileiras. Essa política industrial prevê ainda desembolsos de R\$ 210 bilhões do Banco Nacional de

Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES até 2010, e redução de sua taxa de juros. Outros objetivos da nova política do governo são a elevação em cerca de 10% do número de micro e pequenas empresas exportadoras e o aumento do gasto das empresas em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D dos R\$ 11,9 bilhões registrados em 2005 (0,51% do Produto Interno Bruto - PIB) para R\$ 18,2 bilhões (0,65% do PIB), em 2010 (D'AMORIM et al., 2008).

Grande parte das inovações tecnológicas introduzidas na agricultura é constituída por máquinas, equipamentos, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos, e outros produtos que são, na verdade, biotecnologias e novos produtos industriais utilizados pelo setor agroindustrial<sup>1</sup>. Esse setor caracteriza-se, cada vez mais, pela globalização dos mercados, pelo crescente uso de novas tecnologias e pela busca da produção sustentável. Tal realidade obriga o setor agroindustrial brasileiro a adotar novas tecnologias, empregando-as a fim de elevar sua produtividade, melhorar seus produtos e métodos de gestão e contribuir para a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, possibilitar maior competitividade no mercado mundial. Sem dúvida que essa realidade demanda da agroindústria uma atuação empresarial que visa atar dois lados, ou seja, otimizar os sistemas produtivos e minimizar o impacto ambiental. No enfrentamento desse desafio, a empresa agrícola vai em busca de novas tecnologias, tais como a Agricultura de Precisão – AP, para que, ao empregá-las, possa promover a redução de custo e a preservação ambiental<sup>2</sup>.

A AP tem como objetivo o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos, realizada por meio de tecnologias recentes adaptadas para o meio agrícola, tendo em vista a redução do uso de insumos e do impacto sobre o meio ambiente. Atualmente, a AP ganha uma definição mais sistêmica, podendo ser definida como uma nova forma de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola, e não apenas como um conjunto de ferramentas para o tratamento localizado da lavoura (SWINTON; DEBOER, 1998).

O foco desta pesquisa é o setor sucroalcooleiro, que vem investindo fortemente nas tecnologias de AP. Muitas dessas tecnologias ainda estão em desenvolvimento, como a aplicação

---

<sup>1</sup> Segundo a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, instituída pelo governo federal em 8 de fevereiro de 2008, a biotecnologia é uma das ferramentas tecnológicas mais importantes da atualidade. Tecnicamente, o termo biotecnologia representa um conjunto de tecnologias que utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico, bem como para gerar novos serviços de alto impacto em diversos segmentos industriais.

<sup>2</sup> As tecnologias de AP envolvem um conjunto de ferramentas, tais como Sistemas de Posicionamento Global - GPS; monitor de colheita; tecnologia de aplicação em taxa variada - VRT; sistema de direcionamento via satélite por barra de luz; auto-direcionamento ou piloto automático, etc.



localizada de defensivos e o mapeamento da produtividade (MOLIN, 2001), e outras em plena adoção, como por exemplo, a utilização de distribuidores de fertilizantes e corretivos que fazem a regulagem e a dosagem automaticamente, de acordo com a necessidade ou recomendação para cada local do campo (BAIO, 2006).

Outra tecnologia de AP que vem sendo cada vez mais utilizada na cultura da cana é o piloto automático. Os maquinários são direcionados automaticamente sobre uma linha planejada de aplicação, por meio do direcionamento automático do comando da direção sem requerer nenhum esforço do operador. Essa tecnologia apresenta uma série de vantagens, tais como permitir a redução da compactação do solo por meio do controle do tráfego; permitir também velocidades operacionais maiores; reduzir a fadiga do operador; permitir a operação mesmo com falta de visibilidade; otimizar o raio de manobras; minimizar erros de faixa; aumentar o rendimento operacional; permitir a redução do consumo de combustível; entre outras.

Estimativas informais apontam que 10% da área de cana-de-açúcar vêm sendo cultivadas com a AP, especificamente a tecnologia de aplicação em taxa variada<sup>3</sup>. É nesse sentido que se propõe quantificar, neste trabalho, a intensidade do uso dessas técnicas para a cana-de-açúcar, já que é a cultura que mais tem adotado práticas de AP no Brasil e que, graças aos recentes investimentos de algumas usinas/destilarias, já experimenta uma fase de adoção em grande escala.

Os custos de produção de açúcar são os menores do mundo e o custo de produção do etanol de cana-de-açúcar é inferior ao do etanol derivado de milho nos EUA ou de trigo e beterraba, na Europa. Trata-se de avanços de competitividade, que vêm sendo sustentados pela adoção de novas tecnologias, tais como a AP (MACEDO, 2007). Portanto, a adoção de inovações na indústria sucroalcooleira é essencial para possibilitar aos produtos derivados da cana-de-açúcar - o açúcar e o álcool - maior competitividade internacional em preço, qualidade e sustentabilidade.

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. O Estado de São Paulo é responsável por 60% de toda a produção nacional (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA, 2008a), sendo o interior paulista a principal região produtora do Brasil, caracterizando-se pelo seu sistema mecanizado de produção canavieiro, onde a AP vem

---

<sup>3</sup> Esta estimativa foi apontada por especialistas no CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – CONBAP, 2008, Piracicaba.

sendo utilizada<sup>4</sup>. É indiscutível que tal mecanização tem como exigência o dinamismo do processo de inovação tecnológica na indústria sucroalcooleira, visando a aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção, melhorar a qualidade da cana e minimizar o impacto ambiental.

O Estado de São Paulo é altamente privilegiado por concentrar todos os recursos necessários ao desenvolvimento da cadeia sucroalcooleira. Além de ser o maior produtor de cana do Brasil e concentrar grande parte das usinas/destilarias, o Estado abriga os principais centros tecnológicos ligados ao setor, seja na área agrícola (Centro de Tecnologia Canavieira - CTC, Instituto Agrônomo - IAC) seja no industrial (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT). É também no Estado de São Paulo que se concentram as principais empresas produtoras de bens de capital para o setor, além de empresas transnacionais responsáveis pelo desenvolvimento da tecnologia bicombustível, como Magnetti Marelli e Bosch (PACHECO et al., 2007).

De acordo com pesquisa realizada pelo Instituto de Economia Agrícola - IEA, cerca de 40% da área de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo é colhida mecanicamente (FREDO et al., 2008). A taxa anual de mecanização vem aumentando cada vez mais, não só em razão da busca pela otimização dos sistemas produtivos, mas especialmente em função de regulamentações criadas para extinguir a queima da palha da cana, uma vez que ela contribui para o aquecimento global e redução da camada de ozônio. Nesse sentido, em 2002, o governo estadual editou a lei 11.941, que estabeleceu prazos para a erradicação da queima: 2021 em áreas com declividade de até 12% e 2031 em áreas acima de 12% ou locais menores que 150 hectares. No entanto, em 2007, as Secretarias Estaduais do Meio Ambiente e da Agricultura e Abastecimento e a UNICA firmaram o Protocolo Agroambiental para reduzir para 2014 e 2017 o término da queima para áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, respectivamente<sup>5</sup> (FREDO et al., 2008). O protocolo determinou ainda que, em novas áreas de plantio, será permitida apenas a colheita mecanizada (ORPLANA ..., 2008).

---

<sup>4</sup> Estudo realizado pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA da Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA, com base nos 16 pólos regionais em que se dividiu o Estado de São Paulo para o acompanhamento das cadeias de produção dos agronegócios, aponta que o Valor da Produção Agropecuária - VPA total do Estado atingiu R\$ 31,8 bilhões, tendo a cana-de-açúcar como o seu principal produto, com participação de 36%. Em 2006, a cana tinha obtido uma participação de 45% no VPA paulista e, em 2005, de 37,5% (CANA-DE-AÇÚCAR ..., 2008).

<sup>5</sup> Para acompanhar o andamento do protocolo e a relação das usinas/destilarias que o aderiram, acessar o portal do Programa Etanol Verde. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde>>.

Portanto, a legislação ambiental, na medida em que proíbe a queima, que se reflete no aumento da mecanização da colheita da cana, favorece o fortalecimento das práticas de AP, o que contribui para o uso racional de insumos e, conseqüentemente, permite a redução do impacto ambiental. Ela envolve um conjunto de tecnologias sofisticadas disponíveis para a racionalização do uso de insumos, o que já faz parte do cotidiano das atividades agrícolas brasileiras. No entanto, não existem ainda estudos sobre o grau de adoção das tecnologias de AP alcançado pelas agroindústrias no Brasil e os fatores que influenciam a sua adoção.

As empresas sucroalcooleiras brasileiras encontram-se em uma posição em que a adoção de novas técnicas agrícolas é fundamental para que possam enfrentar os desafios da competição no mercado nacional e internacional. Isso porque grande parte do potencial de redução de custos na produção de açúcar e álcool está concentrada na parte agrícola, cujo peso nos custos de produção chega a 60% do total. Além disso, com o fim da regulamentação governamental do setor, ocorrida a partir de 1990 com a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool - IAA, iniciou-se o regime de livre mercado, sem subsídios, com os preços do açúcar e álcool sendo definidos conforme as oscilações de oferta e demanda. Assim, os preços da cana passaram a depender de sua qualidade e da sua participação percentual nos produtos finais (UNICA, 2008b).

Ressalta-se a importância de se estudar o tema da AP, uma vez que essa tecnologia oferece grande potencial de redução de custo de produção e de melhoria na qualidade da cana e, conseqüentemente, melhor inserção no mercado nacional e internacional. Quando o assunto envolve questões ambientais, tal tecnologia é ferramenta que visa reduzir o impacto ambiental, uma vez que permite a aplicação de insumos de forma localizada, evitando que o excesso de fertilizantes gere impacto negativo na qualidade das águas subterrâneas.

Nesse sentido, os resultados deste estudo, além de fornecerem informações que podem ser relevantes às agroindústrias interessadas em adotá-la, podem ser essenciais para a formulação de políticas públicas que visem a ampliar o uso dessa ferramenta como auxílio para a agroindústria otimizar seu sistema produtivo e diminuir os problemas ambientais. Se estudos de abrangência regional, quantificando o nível de adoção dessa tecnologia já é uma realidade em países desenvolvidos, é preciso voltar o olhar para a importância de se estudar a questão em países em desenvolvimento como o Brasil, onde a AP começa a ser adotada em larga escala.

## 1.1 Agricultura de precisão

Cabe explicar mais detalhadamente o que é AP. Ainda que não seja o objetivo deste capítulo fazer um histórico desse conceito, as informações que se têm sobre seu surgimento é que apareceu em 1929 nos Estados Unidos, descrito por Linsley e Bauer na circular número 346 da estação experimental agrícola da Universidade de Illinois (BALASTREIRE, 2000).

Os referidos autores constataram a existência de bruscas variações da concentração de calagem para uma mesma área e, portanto, apontaram que a aplicação de calcário deveria respeitar tal variabilidade. No entanto, esse conceito foi postergado, devido à popularização no mercado norte-americano de equipamentos de tração mecânica, facilitando a aplicação de insumos em taxas uniformes. O conceito ficou esquecido, por muitos anos, ressurgindo apenas na década de 1980, em função da crescente preocupação com fatores ambientais, uma vez que, se a aplicação de produtos químicos é realizada de acordo com a necessidade em cada ponto da lavoura, pode ser evitada nos pontos onde a necessidade de insumos é menor, possibilitando a redução da poluição ambiental, a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo e a redução dos gastos com insumos. Além disso, tornaram-se disponíveis a custos acessíveis microcomputadores, sensores e Sistemas de Posicionamento Global - GPS (BALASTREIRE, 2000).

Na Europa, os trabalhos pioneiros com mapas de produtividade são de 1984. Nos Estados Unidos, no final dos anos 1980, já existiam grupos de pesquisadores, especialmente da área de solos, que estudavam e sugeriam o tratamento diferenciado das manchas nas lavouras, o que começou a se viabilizar com a disponibilização do sinal de GPS<sup>6</sup>.

No Brasil, a AP teve seu início a partir de ações da pesquisa e da indústria, entre os anos de 1995 e 1996, aproximadamente. No que diz respeito à pesquisa, as primeiras ações foram realizadas na Universidade de São Paulo – USP, campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ e lideradas pelo professor Luiz A. Balastreire com um trabalho pioneiro em cultura de milho, resultando no primeiro mapa de produtividade do Brasil<sup>7</sup>. Quanto à

---

<sup>6</sup> O mapa de produtividade é denominado também de mapa de colheita, mostrando a produtividade em cada ponto da lavoura, ou seja, é uma imagem que representa a variabilidade espacial da produção (MOLIN, 2001). As lavouras, em geral, apresentam manchas com produtividades extremamente variadas (MOLIN, 2004b). As manchas apontadas nos mapas de produtividade abaixo da média podem ser denominadas “problema” e as manchas com produtividade acima da média denominadas “oportunidade” (SILVA, 2005).

<sup>7</sup> Detalhes desse trabalho podem ser vistos em Balastreire et al. (1997).

indústria, as primeiras ações também foram relacionadas à geração de mapas de produtividade a partir dos monitores equipando colhedoras importadas (MOLIN, 2004a).

A AP envolve tecnologias com certo grau de automatização, que auxiliam na identificação e no manejo da variabilidade de áreas agrícolas, como por exemplo, o uso de GPS, sensoriamento remoto, tecnologia de aplicação em taxa variada - VRT, sistemas informatizados de coleta de dados e programas para tratamento e mapeamento de dados (Sistemas de Informações Geográficas – SIG), entre outros<sup>8</sup>.

Com relação aos sistemas de localização, atualmente estão disponíveis o GPS, que é de propriedade do governo americano, o GLONASS da Rússia e o GALILEO da União Européia<sup>9</sup>. No entanto, outros sistemas estão sendo implementados, como por exemplo, o Compass da China. O uso do GPS foi liberado pelo exército americano após a guerra do Golfo, no início dos anos 1990, quando era utilizado para espionagem, permitindo a localização precisa, pelos cruzamentos de dados de quatro satélites, com coordenadas de latitude e longitude (PIRES et al., 2004).

O termo AP remete a inúmeras discussões, que exigiriam uma focalização bastante verticalizada para contemplá-las. Contudo, ressalta-se não ser o objetivo deste trabalho traçar um panorama histórico do termo nem tampouco não está em questão tratar especificamente de seu funcionamento.

Convém esclarecer que o livro “Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade” de Molin (2001) serve de sustentação para a elucidar de forma mais abrangente o conceito. Assim, com base nos estudos desse autor, pode-se afirmar que o termo AP só era ouvido em “pequenas reuniões acadêmicas” fora do Brasil, como se tratasse de algo fantástico. Hoje, no entanto, faz parte do vocabulário, especialmente quando o assunto põe em pauta o contexto agrícola.

Quando se trata da agricultura em tempos antigos, o que se evidencia é uma prática de relação íntima com a terra. Isso não se aplica aos novos tempos. Em todos os setores agrícolas o que se tem hoje é uma outra realidade, a exigir novas práticas. Trata-se de cenário diferente do universo da agricultura, não mais apenas constituído de pequenas glebas, mas de grandes extensões de terra que requerem novos planos de ação. Entra aí, então, a AP como proposta para

---

<sup>8</sup> GPS e VRT são siglas em inglês, respectivamente, Global Positioning System e Variable Rate Technology.

<sup>9</sup> GLONASS: Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema.

tornar possível a realização de ações tradicionais do antigo e pequeno agricultor, diante dos desafios da agricultura em larga escala. O processo de adoção e implementação da AP constitui essa possibilidade de associar todo o conhecimento acumulado pelas ciências até hoje (MOLIN, 2001).

Inicialmente, via-se a AP como um conjunto de ferramentas para o manejo localizado da lavoura. Hoje ela é reconhecida como um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola, cujas raízes vêm-se firmando em políticas de desenvolvimento de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente (MOLIN, 2001).

Confundida com o conceito de GPS, a AP pôde, sim, com essa ferramenta, superar a falta de um sistema simples, funcional e preciso de localização no campo. Com os serviços do GPS é que foi possível obter informações sobre as coordenadas geográficas - eventos georeferenciados. Destaca-se, assim, a importância da referida ferramenta, de precisão para aplicações agrícolas.

A AP possibilita fornecer ao agricultor a informação sobre o resultado da colheita, a partir de mapas de produtividade, onde se pode ver a variabilidade espacial da produção. Mesmo com limitações e erros, pode-se dizer que é possível obter informações ricas que não se viabilizariam pelo olhar interpretativo de fatos observados na lavoura.

Geração de mapas de colheita, amostragem sistêmica de solo, análise de conjunto de dados, interpretação das informações contidas nos mapas e medidas de correção da variabilidade são ciclos da AP que podem ser propostos à empresa agrícola do Brasil, que tem pouca informação sobre conceitos de variabilidade espacial de produção e de suas causas (MOLIN, 2001). Se mesmo em países mais desenvolvidos, como nos da Europa e Estados Unidos, ainda se levam em conta questionamentos e incertezas sobre a adoção da AP, conclui-se que a dificuldade pode ser ainda maior no Brasil.

A importância da AP está relacionada não apenas à possibilidade de redução do uso de insumos e do menor impacto ambiental, mas também e, sobretudo, à geração de um número muito grande de informações que, sem dúvida, irão agregar valor às empresas agrícolas que adotam essa tecnologia (BALASTREIRE, 2000). Este trabalho visa contribuir para o entendimento das variáveis que podem explicar a adoção e uso da AP.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é investigar o processo de adoção e uso das tecnologias de AP alcançado pela indústria sucroalcooleira no Estado de São Paulo.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

Mensurar o grau de adoção e uso da AP, verificando quais as tecnologias de AP que têm sido mais utilizadas;

Obter informações sobre as características da indústria sucroalcooleira paulista; os impactos das tecnologias de AP; as fontes de informação utilizadas para a implementação dessas tecnologias; e os obstáculos encontrados à adoção; e

Identificar os principais fatores que determinam a adoção e uso das tecnologias de AP na indústria sucroalcooleira paulista, por meio da estimação de um modelo lógite.

## **1.3 Organização do estudo**

Este trabalho está dividido em sete capítulos, incluindo esta introdução. O capítulo 2 analisa a dinâmica atual do setor sucroalcooleiro. O capítulo 3 descreve o embasamento teórico que sustenta o estudo. O capítulo 4 apresenta uma revisão de literatura sobre a inovação na indústria nacional e os estudos internacionais já elaborados sobre a adoção das tecnologias de AP, que fornece subsídios para a seleção das variáveis utilizadas no modelo. O capítulo 5 descreve a metodologia adotada e as variáveis do questionário. O capítulo 6 faz uma análise descritiva dos dados extraídos dos questionários aplicados. Em seguida, identificam, através de um modelo lógite, os principais fatores que determinam a adoção das tecnologias de AP na indústria sucroalcooleira paulista. Por fim, o capítulo 7 traz as principais conclusões do trabalho.

## 2 IMPORTÂNCIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

O desempenho favorável da agroindústria nacional em 2007, cujo crescimento foi de 5,0% em relação ao ano anterior, está relacionado a vários fatores, tais como o aumento da produção agrícola; o maior consumo do mercado interno, em função da expansão da renda; e, a conjuntura externa favorável para o setor, com crescimento do volume exportado e dos preços. Esses fatores contribuíram para a elevação da renda rural, o que viabilizou o investimento em máquinas e equipamentos agrícolas (que passou de queda de 16,7% em 2006 para crescimento de 49,3% em 2007) e a compra de adubos e fertilizantes (4,8%), contribuindo para o aumento da produtividade agrícola. As exportações também tiveram participação no crescimento do setor agroindustrial. Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (2008), a quantidade exportada de tratores de rodas e de colhedoras cresceu, respectivamente, 21,4% e 49,1% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008).

O setor de produtos industriais derivados da agricultura cresceu 3,5% em 2007, com destaque para os derivados da cana-de-açúcar (6,4%) que foram impulsionados pelo aumento das exportações de álcool (11,4%), em razão do interesse mundial pelo uso do etanol brasileiro como combustível alternativo ao petróleo, mas especialmente em virtude do crescimento do consumo doméstico, em função do aumento da frota de veículos com motor bicombustível<sup>10</sup> (IBGE, 2008). Entre 2003 e 2007, a venda de autoveículos bicombustíveis alcançou 4,62 milhões de unidades, com uma participação nas vendas de autoveículos novos de cerca de 90% em 2007<sup>11</sup> (ANFAVEA, 2008).

---

<sup>10</sup> A tecnologia de motores bicombustíveis permite que se utilize tanto o álcool como a gasolina, ou qualquer combinação de ambos, como combustível.

<sup>11</sup> De acordo com a classificação da ANFAVEA (2008), os autoveículos referem-se aos automóveis, comerciais leves, caminhões, e ônibus.



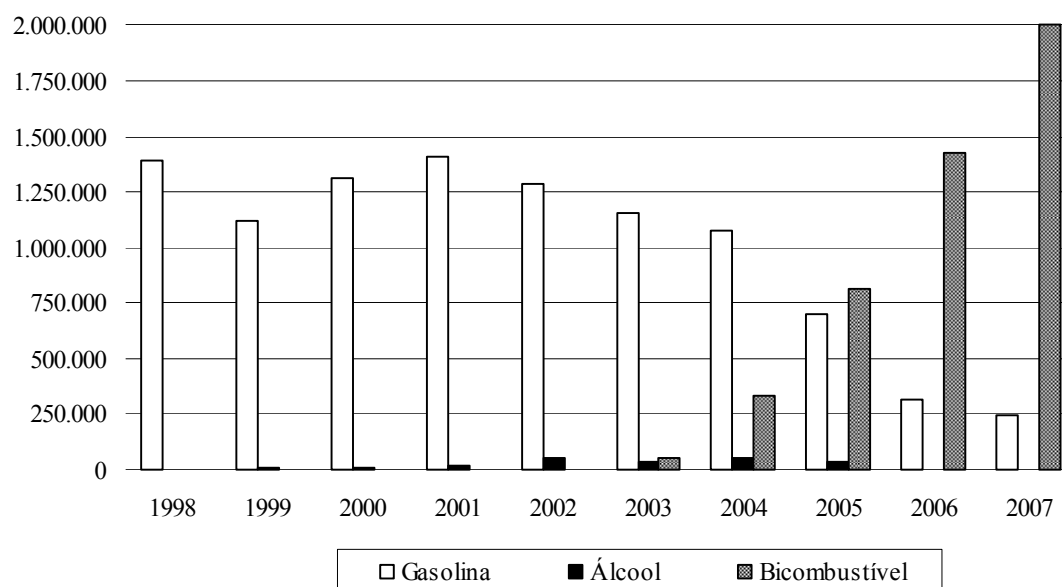


Figura 1 – Venda de autoveículos novos por combustível

Fonte: Elaborado a partir de ANFAVEA (2008)

## 2.1 Cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2008c). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2007), a produção nacional de cana, em 2007/08, foi de 549,90 milhões de toneladas, superior em 15,80% (75,10 milhões de toneladas) à safra anterior. A área ocupada com essa cultura foi de 6,96 milhões de hectares, com crescimento de 13,00% (800,4 mil hectares) quando comparado à safra 2006/07. No que diz respeito a esse total, 82,37% (5,74 milhões de hectares) estão na região Centro-Sul e os 17,63% (1,22 milhões de hectares) restantes, na região Norte/Nordeste<sup>12</sup>. Observa-se também que a produtividade média estimada para essa safra foi de 78,9 t/ha, superior à safra 2006/07 em 2,50% (Tabela 1).

Na região Centro-Sul do país, na safra 2007/08, a produção foi de 475,52 milhões de toneladas de cana, volume 15,8% acima dos 410,67 milhões de toneladas da safra 2006/07, segundo levantamento da CONAB (2007) (Tabela 1).

Grande parte da superioridade da produção da região Centro-Sul pode ser explicada pelo fato do clima, topografia e regime pluviométrico dessa região proporcionarem as condições

<sup>12</sup> Inclui os Estados da região Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

ideais ao cultivo da cana. Por outro lado, os Estados do Nordeste possuem regime pluviométrico e topografia menos adequados ao plantio dessa cultura. Quanto aos Estados da região Norte, a limitação está relacionada à abundância de chuvas, limitando assim a possibilidade do cultivo da cana que precisa de períodos secos para acumular sacarose (TEIXEIRA, 2008).

Tabela 1 – Comparativo de área, produtividade e produção de cana-de-açúcar para as safras 2006/07 e 2007/08

Região	Área (em mil ha)			Produtividade (em t/ha)			Produção (em mil t)		
	Safra	Safra	Var.	Safra	Safra	Var.	Safra	Safra	Var.
	06/07	07/08	%	06/07	07/08	%	06/07	07/08	%
Norte/Nordeste	1.143,2	1.227,9	7,40	56,1	60,6	8,02	64.122,2	74.375,9	16,00
Centro-Sul	5.020,0	5.735,7	14,30	81,8	82,9	1,34	410.678,2	475.529,5	15,80
Brasil	6.163,2	6.963,6	13,00	77,0	79,0	2,59	474.800,4	549.905,4	15,80

Fonte: CONAB (2007)

Na safra 2007/08, o Estado de São Paulo aparece como o maior produtor nacional de cana (58,55%), seguido pelo Paraná (8,47%), Minas Gerais (7,67), Alagoas (5,63%), Goiás (4,43%) e Pernambuco (3,71%) (Figura 2). Os demais Estados aparecem com pequenas produções. Entretanto, é importante ressaltar que Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são Estados promissores, uma vez que possuem clima e topografia adequados ao plantio da cana. Esses Estados têm recebido grandes investimentos direcionados à construção de novas unidades e, portanto, num futuro próximo, terão participação significativa na produção nacional (CONAB, 2007; TEIXEIRA, 2008).

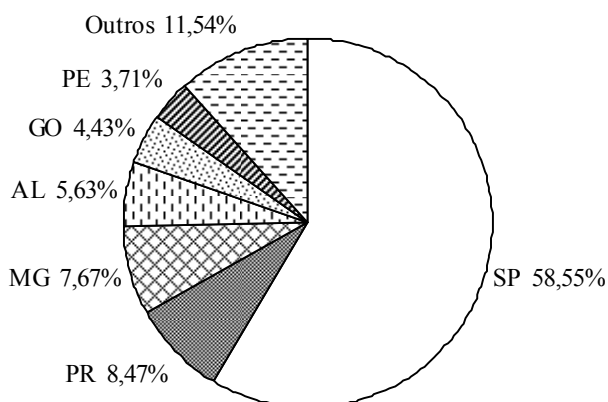


Figura 2 – Participação de produção de cana-de-açúcar por Estado

Fonte: Elaborado com dados da CONAB (2007)

## 2.2 Açúcar e álcool

O Brasil é líder mundial na produção e exportação dos principais produtos derivados da cana-de-açúcar - o açúcar e o álcool. Para safra 2007/08, segundo dados da CONAB (2007), observou-se uma expansão mais acentuada do álcool em relação ao açúcar, cuja produção nacional foi estimada em 29,65 milhões, 1,91% (576,4 mil toneladas) inferior à safra 2006/07 (Tabela 2).

O Brasil é também o maior produtor e exportador mundial de açúcar e, em conjunto com a Austrália e alguns países da América Central e do Sul, é um dos poucos países a exportar mais do que o consumo doméstico. O país é responsável por 40% das exportações mundiais de açúcar. Em 2007, as exportações brasileiras desse produto foram de 19,36 milhões de toneladas (UNICA, 2008d). Com relação ao álcool, devido ao grande consumo interno do combustível, a maioria da produção ainda é destinada ao mercado interno (COSAN, 2008a), diferentemente do que ocorre com o açúcar.

A produção de álcool, em 2007/08, foi de 20,88 bilhões de litros, superior em 19,53% (3,41 bilhões de litros) quando comparado à safra anterior (Tabela 2). Dos 20,88 bilhões, 39,22% (8,19 bilhões de litros) foram de anidro e 60,78% (12,68 bilhões de litros) de hidratado<sup>13</sup>. Esse dado indica que a produção do álcool hidratado tem crescido mais do que o anidro, em

<sup>13</sup> O álcool hidratado carburante é utilizado diretamente nos motores dos veículos e o álcool anidro é utilizado na mistura da gasolina (COSAN, 2008b).

decorrência do expressivo aumento da frota nacional de veículos bicomcombustíveis e das perspectivas do comércio externo com relação a esse produto (CONAB, 2007).

Tabela 2 – Estimativa da produção de açúcar e álcool para as safras 2006/07 e 2007/08

Região	Açúcar (em mil t)			Álcool total <sup>a</sup> (em mil litros)		
	Safra	Safra	Variação	Safra	Safra	Variação
	06/07	07/08	%	06/07	07/08	%
Norte/Nordeste	4.212,9	4.596,4	9,10	1.729.249,2	2.004.994,8	15,95
Centro-Sul	26.010,7	25.050,8	(3,69)	15.741.889,5	18.878.959,9	19,93
Brasil	30.223,6	29.647,2	(1,91)	17.471.138,7	20.883.954,7	19,53

Fonte: CONAB (2007)

<sup>a</sup> Álcool anidro e álcool hidratado.

A tecnologia de motores bicomcombustíveis já está consolidada e vários países se interessam em adicionar o etanol à gasolina como forma de reduzir suas emissões de carbono geradas pela queima de combustíveis fósseis, cujos gases poluentes são provocadores do aquecimento global. Além de poder ser misturado à gasolina, o etanol é uma fonte limpa e renovável de energia.

Diante do aumento de preços e perspectiva de oferta ajustada de petróleo, o etanol fabricado da cana-de-açúcar aparece como uma das alternativas mais competitivas no mundo quando comparado a outras fontes (TECNOLOGIAS ..., 2007). Investimentos vêm sendo feitos em grande escala para desenvolver a indústria alcooleira, com o ingresso crescente de investidores estrangeiros que vêem no Brasil a possibilidade de que o país seja o novo fornecedor mundial de energia.

Com relação às comparações internacionais, o Brasil é o maior exportador mundial de etanol com 3,4 bilhões de litros exportados em 2006. Além disso, o país é o segundo maior produtor mundial de etanol, com 36% do total produzido, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que lideram o ranking com 39% (ANUÁRIO, 2008).

Os Estados Unidos não são auto-suficientes e absorveram mais de 50% das exportações brasileiras em 2006, apesar de serem os maiores produtores de etanol do mundo (TEIXEIRA, 2008). Esse país possui altos custos de produção do etanol derivado do milho e,

além disso, já atingiu o limite de ocupação territorial para suas lavouras desse produto. Por outro lado, o Brasil, além de possuir custo de produção do etanol inferior ao norte-americano, possui também disponibilidade de terras para expandir a área ocupada com a cana, que ocupa hoje 6,96 milhões de hectares, equivalente a apenas 1% do território nacional (ANUÁRIO, 2008).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Das idéias de Joseph Schumpeter, surge a Economia da Inovação, que está no cerne da mudança econômica. Para esse autor, as inovações radicais provocam grandes mudanças no mundo, enquanto as inovações incrementais preenchem continuamente o processo de mudança<sup>14</sup> (SCHUMPETER, 1982). Em Teoria do Desenvolvimento Econômico, publicado em 1912, propôs a existência de vários tipos de inovações, tais como introdução de um novo produto ou mudança qualitativa de um produto já existente; inovação de processo novo para a empresa; abertura de um novo mercado; desenvolvimento de novas fontes de matérias-primas; e, mudanças na organização da indústria.

Nos anos 1980, a teoria de Hayami e Ruttan propôs que a inovação tecnológica fosse induzida dotação de fatores, dada historicamente, de tal maneira que o fator relativamente escasso fosse poupado e o fator relativamente abundante, usado intensivamente. Como exemplo, esses autores citam os Estados Unidos, onde as inovações foram do tipo mecânico, poupando o uso da mão-de-obra, pois era o fator escasso quando comparado à terra. Enquanto que, no caso do Japão, as inovações foram químicas, já que o fator escasso era a terra, ao contrário da mão-de-obra, que era abundante (HAYAMI; RUTTAN, 1988).

No modelo de Hayami e Ruttan, a experiência histórica demonstra que, quando a mão-de-obra se torna escassa, os produtores e demais forças econômicas e políticas pressionam as instituições de pesquisa para priorizar o desenvolvimento de tecnologias de natureza mecânica, isto é, economizadoras de mão-de-obra. Por outro lado, quando a terra se torna escassa, o esforço dos centros de pesquisa se concentra na criação de tecnologias predominantemente de natureza biológica.

Segundo a teoria da inovação induzida, nesse processo de identificação das oportunidades tecnológicas, desempenha papel fundamental a existência de um sistema eficiente de informações entre os atores (produtores, universidades, instituições públicas de pesquisa, serviços tecnológicos, indústria e empresários).

Além da suposta escassez de mão-de-obra ou abundância de terra, outras teorias são formuladas para explicar o motivo que leva empresas a buscarem a inovação. A razão apresentada por Schumpeter (1982) é que, se elas estão em busca de lucros, um novo dispositivo

---

<sup>14</sup> As inovações radicais referem-se à introdução de uma inovação associada a um processo de invenção (criação de coisas não existentes anteriormente), enquanto que as inovações incrementais referem-se ao processo de imitação (difusão das inovações) com introdução de melhorias (HASENCLEVER; FERREIRA, 2002).

tecnológico leva sempre a alguma vantagem para o inovador. No caso de processo que eleve a produtividade, a empresa obtém uma vantagem de custo sobre seus concorrentes, permitindo-lhe uma maior margem aos preços vigentes de mercado ou, dependendo da elasticidade da demanda, usar uma combinação de preço mais baixo e margem mais elevada do que seus concorrentes para conquistar participação de mercado e obter ainda mais lucros. No caso de inovação de produto, a empresa obtém uma posição monopolística, devido ou a uma patente (monopólio legal), ou ao tempo que levam os concorrentes para imitá-la. Esta posição monopolística permite que a empresa estabeleça um preço mais elevado do que seria possível em um mercado competitivo e, portanto, obtenha lucro.

Estruturas de mercado oligopolizadas ou monopolizadas possuem influência recíproca sobre a taxa e a direção da mudança tecnológica, ou seja, se certas estruturas determinam as transformações tecnológicas, as estruturas de mercado também se modificam, por sua vez, em função das estratégias de inovação adotadas pelas empresas e as diversas formas de concorrência existentes (HASENCLEVER; FERREIRA, 2002).

Na economia capitalista, a concorrência, em contraste com o enfoque estático tradicional, é vista como um processo evolutivo e, portanto, dinâmico, gerado por fatores endógenos ao sistema econômico, notadamente as inovações, que emergem incessantemente da busca de novas oportunidades lucrativas por parte das empresas em sua interação competitiva<sup>15</sup> (POSSAS, 2002).

Essa noção de concorrência foi proposta por Schumpeter (1984), que enfatizou a importância do posicionamento competitivo. Segundo ele, as empresas inovam ou para defender suas posições competitivas ou em busca de vantagem competitiva. Ou seja, uma empresa pode ter uma abordagem reativa e, portanto, inovar para evitar perder participação de mercado para um concorrente inovador. Pode, também, ter uma abordagem preventiva e buscar uma posição estratégica no mercado em relação a seus competidores, desenvolvendo e tentando impor, por exemplo, padrões técnicos mais altos para os produtos que produz.

A mudança técnica está longe de ser suave. Novas tecnologias competem com as tecnologias estabelecidas e, em muitos casos, substituem-nas. Esses processos de difusão tecnológica são freqüentemente prolongados e envolvem geralmente o aprimoramento

---

<sup>15</sup> Nas visões clássica e neoclássica anteriores à schumpeteriana, a concorrência é um processo passivo de ajustamento em direção a um suposto equilíbrio.

incremental, tanto das novas tecnologias, como das já estabelecidas. Assim, novas empresas substituem as existentes com menos capacidade de ajustar-se. A mudança técnica gera uma redistribuição de recursos, inclusive mão-de-obra, entre setores e entre empresas (OCDE, 1997).

A mudança técnica pode envolver arranjos cooperativos entre concorrentes, ou entre fornecedores e clientes. A cooperação entre as empresas, além de favorecer a eficácia produtiva, permite avançar mais rapidamente na criação tecnológica, agregando competência não disponível em uma única empresa (HASENCLEVER; TIGRE, 2002).

Clientes e concorrentes de uma empresa podem ser beneficiados pela inovação, já que muitos dos conhecimentos tecnológicos exibem as características de um bem público. Ou seja, os custos para torná-los disponíveis a muitos usuários são baixos em comparação com os custos de seu desenvolvimento e que, uma vez disseminados, não se pode negar novos acessos aos usuários. Essa característica resulta em problemas para os inovadores privados, como por exemplo, o transbordamento dos benefícios da inovação (externalidades positivas), ou seja, o retorno social da inovação é geralmente alto quando comparado ao retorno privado, já que os clientes e concorrentes se beneficiam das inovações de uma empresa. Dessa forma, o conhecimento não pode ser apropriado, ou seja, a empresa não pode capturar todos os benefícios gerados por sua inovação, o que reduz o incentivo para investimento em atividades inovadoras (OCDE, 1997).

Se o conhecimento tecnológico exibir características de bem público, políticas públicas de ciência e tecnologia podem ser utilizadas para compensar o menor incentivo de mercado. As principais ferramentas políticas têm sido o financiamento direto de pesquisas pelos governos, especialmente de pesquisa básica (o governo visto como provedor de bens públicos) e as patentes (garantem a apropriabilidade privada do investimento tecnológico) (OCDE, 1997).

Além disso, cada vez mais se entende que o conhecimento tecnológico apresenta outras características, como por exemplo, a influência sobre as dinâmicas de mercado que as afastam do equilíbrio. Tal constatação resultou no desenvolvimento mais recente da Economia Evolucionária. Os principais expoentes dessa abordagem, Nelson e Winter (1982), acompanhados por outros participantes da corrente evolucionária neo-schumpeteriana, além de seguirem as principais idéias de Schumpeter da dinâmica da inovação, propõem romper com os pressupostos metodológicos tradicionais de equilíbrio, substituído pela noção mais geral de trajetória; e o de racionalidade maximizadora, substituído pelo de racionalidade limitada ou processual.



A abordagem evolucionária proposta por Nelson e Winter (1982) baseia-se na interação temporal entre as estratégias empresariais, que envolvem o referido processo de busca de inovações e o processo de seleção pelo mercado dessas mesmas inovações. Assim, o principal objeto de análise é a evolução temporal da indústria, em que se vai modificando endogenamente, por meio das inovações e de sua seleção pelo mercado. Portanto, a perspectiva teórica evolucionária procura caracterizar o processo inovador, a partir dos processos de busca e de seleção de inovações.

O processo de busca ocorre a partir de programas de investimentos em P&D por empresas, universidades e institutos de pesquisa, em conjunto ou separadamente, financiados por entidades públicas ou privadas. Tal processo de busca é influenciado pelo tamanho da empresa, por sua rentabilidade esperada, pelas ações dos competidores, pela interação dela com fornecedores e clientes e pela sua experiência. Ou seja, a inovação e seu processo possuem determinantes endógenos à empresa e ao ambiente econômico em que ela está inserida, sendo por eles condicionados e estimulados. O processo de seleção de inovação determina o sucesso ou fracasso do processo de busca. As inovações são ou não sancionadas pelo mercado, principal ambiente de seleção, levando em consideração uma relação custo-benefício que contabilize rentabilidade esperada dos inovadores; tipo de financiamento em atividades inovativas; características do mercado consumidor; regulamentação de mercado; comportamento de concorrentes; processos de aprendizado das empresas, etc. (KOELLER; BAESSA, 2005).

A abordagem evolucionária enfatiza a importância da variedade e da diversidade tecnológica e das formas em que a variedade se traduz em oportunidades e resultados tecnológicos. Elas influenciam a capacidade de inovação das empresas e as trajetórias ou direções em que as empresas inovam (OCDE, 1997). Sob a perspectiva econômica evolucionária, a inovação é cada vez mais entendida como sendo um processo que resulta de complexas interações em nível local, nacional e mundial entre indivíduos, empresas e outras organizações voltadas à busca de conhecimentos (CASSIOLATO et al., 2005).

A visão da inovação em nível mais alto, ou sistêmica, enfatiza a importância da troca de informações, conhecimentos, idéias e capacidades. Os canais e redes através dos quais essas informações circulam são fortemente guiados e restringidos pela estrutura institucional em que a empresa está situada como, por exemplo, universidades, institutos públicos de pesquisa, agências públicas e privadas de fomento ao investimento em inovação e sistema educacional. Lundvall

(1992) denominou “Sistemas Nacionais de Inovação” esse conjunto de instituições que contribui para a inovação e fluxos de conhecimento. Na abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação estudam-se as empresas inovadoras no contexto das instituições externas, tais como políticas governamentais, concorrentes, fornecedores, clientes, sistemas de valores e práticas culturais que afetam sua operação (OCDE, 1997).

A abordagem sistêmica da inovação desloca o foco das políticas, levando-as a enfatizar a interação entre as instituições, observando os processos interativos na criação do conhecimento e na difusão e aplicação do conhecimento. Isto levou a uma melhor apreciação da importância das condições, regulamentos e políticas dentro das quais opera o mercado e, conseqüentemente, ao inclinável papel dos governos na monitoração e na sintonia fina da estrutura geral. Segundo Possas (2002), os aspectos regulatórios, infra-estruturais, sociais e mesmo macroeconômicos – sistêmicos em suma – são decisivos para calibrar a intensidade do processo inovativo.

A partir do início da década de 1990, ampliou-se o entendimento do processo de inovação com a elaboração do Manual de Oslo, pela OCDE e a Comissão Européia, cujo objetivo é servir como orientação para coleta de dados sobre inovação tecnológica (OCDE, 1997). O Manual serve até hoje como referência para todas as tentativas de mensuração dos processos de inovação (CASSIOLATO et al., 2005).

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Tendo como foco a empresa sucroalcooleira, busca-se neste capítulo uma revisão bibliográfica tendo em vista a identificação das principais variáveis explicativas da probabilidade de a usina/destilaria adotar as tecnologias de AP, que serão usadas no modelo econométrico a ser estimado.

As unidades produtoras de açúcar e álcool, em sua grande maioria, são empresas integradas verticalmente em direção à matéria-prima – cana-de-açúcar – e em menor proporção atuam também no mercado de distribuição de álcool, e no varejo de açúcar, dentre outros. Assim, para se investigar a agroindústria da cana-de-açúcar, foi necessário analisar a bibliografia sobre adoção de tecnologia de dois setores: o da indústria e o da agricultura.

Para contemplar o setor da indústria, foram revisados estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA sobre inovação na indústria brasileira como um todo, uma vez que não existem ainda estudos sobre adoção de inovação voltados especificamente para o setor sucroalcooleiro no Brasil. Essa revisão de literatura segue explicitada no item 4.1.

Quanto ao setor da agricultura, foi realizada uma revisão de literatura sobre os condicionantes das tecnologias de AP, que forneceram subsídios também para as escolhas de variáveis explicativas utilizadas no modelo econométrico estimado neste trabalho. A especificidade de pesquisas realizadas nos Estados Unidos serviu de base para isso, já que não existem ainda trabalhos desta natureza sobre o Brasil. A adoção dessa tecnologia não apenas é uma realidade para os americanos, que utilizam mais a AP, como também o fazem há mais tempo. Na seção 4.2, descrevem-se tais estudos internacionais.

Considerando-se que o setor sucroalcooleiro insere-se na categoria de “agroindústria”, os trabalhos de ambas as vertentes, inovação na indústria brasileira e os condicionantes da adoção das tecnologias de AP na agricultura, forneceram subsídios importantes para o entendimento do problema analisado e para a escolha das variáveis explicativas do modelo econométrico.

### **4.1 Inovação na indústria brasileira**

Em publicação no ano de 2005, o IPEA divulga análises bastante abrangentes da indústria brasileira por estratégias competitivas, em vez dos tradicionais cortes por tamanho e setor, concluindo que a estratégia de inovar é a mais promissora para a empresa, sua inserção

externa, seu desempenho e sua competitividade. A relevância da pesquisa consistiu em reunir o maior conjunto de informações jamais coletado sobre a indústria brasileira, abarcando 72 mil empresas e 90% do valor produzido.

Todas as atividades da mencionada pesquisa estão vinculadas à base de dados com informações por empresas que o IPEA organizou. O banco de dados reuniu os microdados da Pesquisa de Inovação Tecnológica - PINTEC, da Pesquisa Industrial Anual - PIA, da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, de comércio exterior da Secretaria de Comércio Exterior - SECEX do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC, do Censo de Capitais Estrangeiros no Brasil - CEB e do levantamento sobre capitais brasileiros no exterior - CBE do Banco Central do Brasil - BACEN e das compras governamentais do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MPO. A raiz de ligação dessas bases de dados é o Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica - CNPJ das firmas. As informações têm periodicidade anual e compreendem o período de sete anos - 1996-2002.

A seguir, apresentam-se os principais dados e conclusões dessa pesquisa, cuja classificação das empresas foi feita em três categorias: aquelas que inovam e diferenciam produtos, as especializadas em produtos padronizados e aquelas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor. Vale ressaltar que todos os pesquisadores do IPEA seguiram essa mesma categorização e utilizaram os mesmos métodos econométricos (modelos próbites) para a análise das diversas bases de dados sobre a indústria, garantindo homogeneidade e consistência à pesquisa.

A origem do capital da empresa é uma variável importante na determinação da inovatividade das empresas brasileiras (KUPFER; ROCHA, 2005). Araújo (2005) mostrou que as empresas de capital nacional gastam mais em atividades inovativas do que as empresas de capital estrangeiro instaladas no Brasil. Esse autor concluiu que os gastos com P&D feitos pelas empresas transnacionais no Brasil são mais voltados para adaptação de produtos e processos provenientes da matriz do que necessariamente à criação de novas soluções tecnológicas. Ou seja, o grosso da atividade inovativa das empresas estrangeiras, na média, é realizada no exterior.

Outra variável relevante para explicar o comportamento inovador da firma é a orientação exportadora da empresa. O estudo de De Negri (2005) constatou a importância da

inovação, seja de produtos ou processos, como um fator determinante das exportações das empresas brasileiras<sup>16</sup>. A autora mostrou que empresas que criam novos processos produtivos têm sido capazes de exportar mais, nos mais diversos segmentos, do que empresas similares que não inovam. Além disso, em produtos de baixa intensidade tecnológica, bem como naqueles intensivos em mão-de-obra e recursos naturais, as inovações de processo são mais relevantes para o desempenho externo das empresas. Ou seja, o padrão de competição das empresas brasileiras nesses mercados está pautado pela busca de processos produtivos mais eficientes, que garantem melhor qualidade ao produto ou que tenham custos menores.

De acordo com essa autora, embora o Brasil seja um país historicamente competitivo e com sua pauta de exportações com elevada participação das *commodities* primárias e produtos intensivos em mão-de-obra e recursos naturais, que representam cerca de 40% do total das exportações brasileiras, a inovação tecnológica, ainda assim, desempenha um papel importante na inserção externa das empresas brasileiras. Essa importância da inovação pode decorrer, por um lado, da existência de produtos de alta e média intensidade tecnológica nas exportações brasileiras, cuja participação na pauta é menor do que a média mundial, mas não é, de forma alguma, desprezível. Por outro lado, espera-se que a inovação tecnológica seja um fator cada vez mais importante, mesmo para as exportações de produtos de menor intensidade tecnológica.

A Tabela 3 mostra o valor médio das importações e exportações das empresas brasileiras. Nota-se que, quando comparada com as demais empresas exportadoras, as empresas que inovam e diferenciam produtos exportam e importam em média muito mais. No entanto, o coeficiente de exportação médio das empresas especializadas em produtos padronizados é dobro das demais empresas e o coeficiente de importação médio é 50% menor nessas empresas quando comparado às empresas que inovam e diferenciam produtos. Isso ocorre porque as empresas que diferenciam mais intensamente seu produto obtêm melhor preço no mercado internacional quando comparada às demais exportadoras brasileiras e, além disso, essas empresas demandam mais importações de componentes ou produtos complementares às linhas de produção doméstica. Por outro lado, as empresas especializadas em produtos padronizados, por produzirem bens menos diferenciados, mais homogêneos e de menor conteúdo tecnológico, aproveitam de forma mais intensa a abundância na dotação relativa de fatores de produção como mão-de-obra barata e

---

<sup>16</sup> A inovação de produto é definida por uma nova geração ou a modificação de um produto já existente. Por sua vez, a inovação de processo refere-se à introdução de um novo método de produção ou à melhoria de um já existente (IBGE, 2007).

recursos naturais que estão disponíveis no mercado brasileiro. Essas empresas dependem menos de importações e as exportações realizadas acabam por contribuir com uma parcela maior do faturamento (DE NEGRI et al., 2005).

Tabela 3 – Inserção das empresas no comércio exterior por categoria – média em 2000

Estratégia competitiva	Exportações (US\$ milhões)	Importações (US\$ milhões)	Coefficiente de exportação <sup>a</sup> (%)	Coefficiente de importação <sup>b</sup> (%)
Inovam e diferenciam produtos	11,4	12,01	0,11	0,15
Especializadas em produtos padronizados	2,1	1,8	0,21	0,10
Diferenciam produtos e têm produtividade menor	0,0	0,0024	0,00	0,01

Fonte: De Negri et al. (2005)

<sup>a</sup> Valor exportado (R\$) sobre faturamento (R\$).

<sup>b</sup> Valor importado (R\$) sobre faturamento (R\$).

A inovação tecnológica é um ativo importante para a empresa brasileira internacionalizar-se via Investimento Direto – ID no exterior. Grande parcela do comércio internacional se dá intrafirma e, portanto, o desempenho exportador de um país tende a ser positivamente influenciado quando suas empresas estabelecem subsidiárias no exterior, as quais podem contribuir com o desempenho exportador da firma por exercer diversas funções, tais como acessar canais de comercialização; adaptar os produtos à demanda de mercados específicos; criar mercados; acessar recursos financeiros mais baratos; apropriar tecnologias não disponíveis no mercado doméstico, etc. (ARBIX et al., 2005).

A internacionalização das empresas é positiva para o seu crescimento e para o aumento de salários. Esses são os resultados apontados por Arbix et al. (2005). Segundo esses autores, as empresas brasileiras internacionalizadas com foco na inovação tecnológica remuneram melhor a mão-de-obra e empregam pessoal com maior escolaridade. Os autores mostraram, também, que o faturamento médio das empresas brasileiras internacionalizadas via ID é maior do que nas demais empresas brasileiras.

Existe um elo entre a inovação tecnológica, a internacionalização das empresas e a obtenção de preço prêmio nas exportações (que significa maior valor agregado às exportações e melhor inserção do Brasil no comércio internacional). O elo existe porque a inovação tecnológica produz ativos específicos que possibilitam a internacionalização da firma, que por sua vez, contribui positivamente para que ela obtenha preço prêmio nas suas exportações<sup>17</sup> (ARBIX et al., 2005).

Procurando investigar os efeitos das inovações tecnológicas na produtividade e tamanho da firma, Arbache (2005) concluiu que inovação tecnológica, P&D e orientação para o mercado internacional estão associados ao tamanho e produtividade da firma. Ou seja, a inovação está positivamente relacionada ao crescimento da firma e, portanto, empresas que promovem abertura de mercados no exterior via ID teriam maior potencial de expansão e crescimento, pois a internacionalização gera mecanismos de retroalimentação da sua capacitação tecnológica, uma vez que as unidades da empresa no exterior servem como janelas tecnológicas.

O comportamento tecnológico das empresas é também influenciado pelo setor de atividade e pelas características do seu sistema técnico de produção. Por exemplo, a indústria intensiva em escala e dominada por fornecedores pouco especializados tende a fazer mais intensivamente inovações de processo, ao passo que a inovação de produto é mais fortemente associada às empresas da indústria mais intensiva em tecnologia e com fornecedores especializados (DE NEGRI et al., 2005).

Kupfer e Rocha (2005) analisaram as estratégias empresariais por setor de atividade, mostrando que as empresas inovadoras são mais predominantes nos setores mecânico, químico e eletrônico. Essas empresas em média empregam mais, obtêm maiores receitas e têm maior produtividade que as demais. Os autores apontaram, também, que as empresas que inovam são mais presentes em setores industriais em que predominam atividades de montagem, enquanto as especializadas em produtos padronizados são mais facilmente encontradas na indústria de processamento. Além disso, 76% das exportações das empresas que inovam ocorrem em

---

<sup>17</sup> O ID é reconhecidamente realizado em escala relativamente grande e, para o caso brasileiro, a capacidade de uma firma obter volumes de empréstimos necessários no Brasil ou no exterior depende de garantias que podem estar ancoradas na sua escala de produção e, conseqüentemente, na escala de seus ativos. Nesse sentido, a escala obtida pelas empresas na indústria onde o Brasil tem vantagens comparativas acaba por constituir por si só um ativo específico capaz de sobrepor barreiras à entrada das empresas brasileiras no mercado externo (DE NEGRI et al., 2005).

indústria de montagem, enquanto 83,4% das exportações das empresas especializadas em produtos padronizados relacionam-se a indústria de processamento.

Independentemente do setor industrial onde a firma atua, a inovação tecnológica é a estratégia competitiva perseguida pelas empresas brasileiras. Nesse sentido, não se pode pressupor que a inovação tecnológica seria estratégia de maior êxito quando utilizada mais intensamente em determinados setores do que em outros. Inovar é um fenômeno horizontal que pode e deve estar presente em todos os setores da indústria brasileira (DE NEGRI et al., 2005).

Com a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – PINTEC 2000 realizada pelo IBGE tornou possível, pela primeira vez, contar com informações para a construção de indicadores das atividades de inovação tecnológica da indústria brasileira. A PINTEC tem a vantagem de ter adotado metodologia compatível com as pesquisas nacionais de inovação tecnológica realizadas em países da Comunidade Européia - *Community Innovation Surveys*, baseadas no Manual de Oslo, assegurando a qualidade das informações e sua comparabilidade com os dados internacionais (OCDE, 1997).

Viotti et al. (2005) realizaram um trabalho comparativo entre a PINTEC 2000 e a terceira rodada das pesquisas de inovação realizadas em países da Comunidade Européia. Os resultados desses autores mostraram que a taxa de inovação da indústria brasileira é relativamente reduzida, quando comparada com a de países europeus. Além das diferenças com relação às taxas de inovação, a grande maioria das empresas brasileiras faz inovação só de processo, enquanto que a maior parte das empresas dos países da Europa realiza inovações de produto e processo simultaneamente. A inovação apenas de processo, particularmente de processo novo para a empresa, não sendo, necessariamente, novo para o mercado/setor de atuação - como é o caso predominante das empresas inovadoras no Brasil - indica um padrão de inovação voltado para a redução de custo, fortemente associado à difusão de tecnologias já existentes no mercado.

Existe um diferencial de padrão de inovação tecnológica das empresas que inovam e diferenciam produtos quando comparadas com as demais. Essas diferenças foram identificadas por Koeller e Baessa (2005), concluindo que empresas inovadoras apresentaram em seu processo de busca por inovações características que poderiam ser atribuídas a uma estratégia tecnológica ofensiva. As empresas especializadas em produtos padronizados e empresas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor, por sua vez, apresentaram características mais próximas a uma estratégia tecnológica defensiva ou imitadora.



A inovação é resultado das atividades inovativas bem sucedidas (PROCHNIK; ARAÚJO, 2005). Portanto, dentre as muitas variáveis que influenciam o comportamento tecnológico das empresas está a variedade de atividades inovativas que revela o esforço empreendido para a inovação de cada uma delas. Segundo o IBGE (2007), as atividades inovativas são de dois tipos: P&D (pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento experimental) e outras atividades não relacionadas com P&D, envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos.

Na Tabela 4, o esforço individual das empresas especializadas em produtos padronizados e das empresas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor que realizam inovação fica evidente quando são observados os gastos de P&D interno como proporção do faturamento das empresas inovadoras. Analisando apenas as empresas inovadoras, a média do percentual de gastos de P&D interno sobre o faturamento para empresas que inovam e diferenciam produtos é de 3,06%, das empresas especializadas em produto padronizado é de 2,03% e das empresas que não diferenciaram produtos e têm produtividade menor é de 1,36% (DE NEGRI et al., 2005).

Tabela 4 – Média do percentual de gastos em atividades inovativas sobre o faturamento das empresas por estratégia competitiva em 2000

Estratégia competitiva	P&D interno			Aquisição de P&D externo
	Todas as empresas	Só empresas inovadoras		
Inovam e diferenciam produtos	3,06	3,06		0,35
Especializadas em produtos padronizados	0,99	2,03		0,26
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	0,39	1,36		0,17
Estratégia competitiva	Aquisição de outros equipamentos	Aquisição de máquinas e equipamentos	Treinamento	Introdução da inovação
Inovam e diferenciam produtos	2,64	9,43	0,63	1,19
Especializadas em produtos padronizados	0,66	27,86	0,67	0,51
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	0,27	31,08	0,63	0,74

Fonte: De Negri et al. (2005)

No que diz respeito às outras atividades não relacionadas com P&D, o esforço inovativo que teve maior nível de gastos foi a aquisição de máquinas e equipamentos (Tabela 4). Isso já era previsto e ocorre porque grande parte da inovação realizada pelas empresas especializadas em produtos padronizados e pelas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor é inovação de processo, que é fortemente associada à incorporação de máquinas e equipamentos (DE NEGRI et al., 2005).

As empresas utilizam orientação para inovar de uma variedade de fontes de informação e a sua habilidade para inovar, certamente, é influenciada por sua capacidade de absorver e combinar tais informações. Dessa forma, a identificação das fontes de informação utilizadas no processo inovativo pode ser um indicador do processo de criação, disseminação e absorção de conhecimentos (IBGE, 2007).

De Negri et al. (2005) apontaram que, para todas as estratégias competitivas, a principal fonte informação declarada foi a interna, revelando que o esforço interno é decisivo. Os autores apontaram, ainda, que as empresas que inovam e diferenciam produtos atribuíram alta importância a outras empresas do grupo e clientes e consumidores. Isso era de se esperar, já que sua estratégia competitiva busca abrir nichos, criar necessidades, diferenciar produtos, etc. As demais empresas apontaram como fontes de informação mais importantes os fornecedores de máquinas e concorrentes, o que é coerente com estratégia focada na redução de custos, seja via difusão tecnológica, seja via imitação dos concorrentes melhor posicionados no processo de competição (Tabela 5).

Tabela 5 – Percentual de empresas inovadoras que atribuíram alta importância às fontes de informação para inovação - 1998-2000

Estratégia competitiva	Fontes internas à empresa	Outras empresas do grupo	Fornecedores de máquinas	Clientes e consumidores	Concorrentes
Inovam e diferenciam produtos	60,7	28,1	29,9	49,6	19,1
Especializadas em produtos padronizados	53,2	9,5	40,8	37,9	22,1
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	44,1	1,1	35,7	34,3	22,5

Fonte: De Negri et al. (2005)

Assim como a disponibilidade de compartilhar informações da firma, sua relação de cooperação e parceria são variáveis relevantes para a compreensão dos determinantes do

comportamento tecnológico das empresas<sup>18</sup>. Dentre as conseqüências positivas do esforço conjunto entre empresas, instituições, clientes, fornecedores, entre outros agentes nas atividades inovativas, pode-se destacar algumas, tais como criar produtos ou processos que apresentem soluções mais significativas do que se fossem feitos apenas por esforço individual; permitir a transferência de conhecimento entre os diversos agentes; e, se a cooperação for bem sucedida, possibilitar que as empresas tenham vantagens competitivas (PROCHNIK; ARAÚJO, 2005).

Uma maior interação entre as empresas e os demais agentes do Sistema Nacional de Inovação pode ser percebida também nos resultados sobre as relações de cooperação estabelecidas nos projetos de inovação com outras empresas ou instituições (IBGE, 2007). Tais relações de cooperação e a inovação tecnológica foram analisadas por Cassiolato et al. (2005), concluindo que as empresas inseridas em arranjos cooperativos com vista a desenvolver atividades inovativas tendem a apresentar um desempenho superior em relação àquelas que não participam de tais arranjos.

Os motivos por que as empresas não inovam e os obstáculos que encontram no desenvolvimento de suas atividades inovativas constituem informações valiosas para a formulação e avaliação de políticas visando o aumento do desempenho tecnológico e competitivo das empresas (IBGE, 2007). De uma maneira geral, as empresas industriais de todos os países, independentemente de terem realizado ou não atividades inovadoras, encontram nos fatores de natureza econômica (custos, riscos, carência de pessoal qualificado) os maiores obstáculos à inovação (VIOTTI et al., 2005).

Na Tabela 6, De Negri et al. (2005) apresentaram os percentuais de empresas inovadoras e não inovadoras em cada categoria que declararam como sendo os principais obstáculos à inovação, fatores tais como risco econômico, elevados custos e escassez de fontes de financiamento apropriadas.

---

<sup>18</sup> A respeito dessas parcerias na indústria sucroalcooleira paulista destacam-se como principais, a UNICA e o CTC. Tais instituições auxiliam as empresas associadas a se tornar modelos de sustentabilidade sócio-ambiental.

Tabela 6 – Percentual das empresas inovadoras que atribuíram alta importância a problemas específicos que afetam a capacidade de inovação da firma – 1998-2000

Estratégia competitiva	Risco econômico	Elevados custos	Escassez fontes financiamento
Inovam e diferenciam produtos	32,4	27,6	23,6
Especializadas em produtos padronizados	26,2	29,1	23,1
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	26,6	35,1	27,4

Fonte: De Negri et al. (2005)

O esforço da firma para realizar inovação tecnológica é motivado por expectativas de ganhos futuros de competitividade e, conseqüentemente, de lucro que possam gerar (IBGE, 2007). A PINTEC busca identificar os impactos do processo de inovação tecnológica associados ao produto (manter ou ampliar a participação da empresa no mercado, abrir novos mercados), ao processo (aumentar a flexibilidade ou a capacidade produtiva, reduzir custos), aos aspectos relacionados ao meio ambiente, à saúde e à segurança, e ao enquadramento em regulamentações e normas.

De Negri et al. (2005) apresentaram os impactos que a inovação tecnológica produz na performance competitiva das empresas, concluindo que as empresas inovadoras atribuíram alta importância à melhoria da qualidade do produto e à ampliação da gama dos produtos ofertados, o que é coerente já que um dos ativos importantes dessa categoria é a sua potencialidade de diferenciar e melhorar a qualidade do seu produto. Quanto às implicações da inovação sobre os processos produtivos, esses autores apontaram que as empresas especializadas em produtos padronizados e as empresas que não diferenciam produtos e têm produtividade menor declararam alta importância ao aumento da capacidade produtiva e da flexibilidade de produção, o que é plausível, pois as empresas dessas categorias direcionam seus recursos disponíveis para ampliar suas potencialidades fabris, procurando fazer o mesmo da melhor forma.

Além disso, os autores apontaram que o enquadramento nas normas do mercado externo é um aspecto de alta importância da inovação, revelando que uma parcela não desprezível de empresas na indústria brasileira está voltada para atender o mercado externo e deve, portanto, considerá-lo em sua estratégia de negócios (Tabela 7). Não existe uma relação de causalidade bem definida entre o enquadramento nas normas de mercado externo e a inovação tecnológica. A inovação tecnológica, ao mesmo tempo em que contribui para o processo de enquadramento em

regulamentações e normas relativas ao mercado externo, é impulsionada por ele. Ou seja, a empresa se vê obrigada a adequar seus padrões tecnológicos e de qualidade às dos mercados externos, visando a atender regulamentações.

Tabela 7 – Impactos da inovação: percentual de empresas inovadoras que atribuíram alta importância à inovação sobre os aspectos do processo competitivo – 1998-2000

	Produto		Mercado		
	Melhorou a qualidade dos produtos	Ampliou a gama de produtos ofertado	Permitiu manter a participação no mercado	Ampliou a participação no mercado	Permitiu abrir novos mercados
Estratégia competitiva					
Inovam e diferenciam produtos	61,2	46,8	55,8	47,5	34,9
Especializadas em produtos padronizados	57,1	28,7	50,6	39,9	23,7
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	55,6	24,0	47,7	34,6	21,0
	Processo				
	Aumentou a capacidade produtiva	Aumentou a flexibilidade de produção	Reduziu os custos do trabalho	Reduziu o consumo de matérias primas	Reduziu o consumo de energia
Estratégia competitiva					
Inovam e diferenciam produtos	34,1	32,7	23,7	10,6	8,8
Especializadas em produtos padronizados	42,5	36,7	24,2	9,2	9,0
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	43,6	34,6	22,3	7,2	8,3
	Outros impactos				
	Reduziu impacto no meio ambiente	Enquadramento nas normas do mercado interno	Enquadramento nas normas do mercado externo		
Estratégia competitiva					
Inovam e diferenciam produtos	28,8	32,9	23,1		
Especializadas em produtos padronizados	27,4	23,0	13,2		
Não diferenciam produtos e têm produtividade menor	22,2	15,9	1,8		

Fonte: De Negri et al. (2005)

#### 4.2 Condicionantes da adoção das tecnologias de AP

Na seção anterior, apresentou-se a literatura que estuda a inovação na indústria brasileira para obtenção de subsídios para contruir hipóteses, a serem posteriormente testadas. O escopo desta seção é apresentar as pesquisas que tratam dos condicionantes da adoção das tecnologias de AP, que sirvam também de subsídios para a escolha das variáveis explicativas do modelo econométrico.

Convém chamar a atenção para o fato de que a contextualização da AP nos países desenvolvidos poderia ser bastante enriquecedora, entretanto, considerando-se os objetivos da pesquisa, priorizou-se a obtenção de variáveis a serem selecionadas em estudos já elaborados internacionalmente sobre os determinantes da adoção das tecnologias de AP. Ressalta-se que os referidos estudos são relativamente escassos. Citam-se como fonte de pesquisa quatro artigos publicados nos Estados Unidos, deste início de milênio, entre 2000 a 2004, os quais servem de base para as análises realizadas: Sevier e Lee (2004); McBride e Daberkow (2003); Battle e Arnholt (2002); e English, Roberts e Larson (2000).

Por meio de um modelo próbite, Sevier e Lee (2004) identificaram os determinantes da adoção, em que a variável dependente foi se o produtor adota ou não as tecnologias de AP. Os autores obtiveram informações primárias de 10 municípios produtores de laranja no Estado da Flórida por meio da aplicação de questionários, enviados pelo correio. Foram utilizadas variáveis explicativas tais como variabilidade da produção, área, idade, escolaridade e experiência dos produtores. Sevier e Lee encontraram uma relação significativa entre as variáveis: área, idade do produtor e variabilidade da produção na adoção das tecnologias de AP.

McBride e Daberkow (2003), por meio da estimação de modelos lógites, utilizando como uma das variáveis explicativas as fontes de informação para adoção das tecnologias de AP, concluíram que duas fontes de informação: as empresas de consultoria e os fornecedores de insumos exercem os maiores impactos na adoção das tecnologias de AP. Os autores concluíram, ainda, que a mídia e setor privado são fatores importantes para difundir sua adoção.

Batte e Arnholt (2002) selecionaram uma cooperativa com 325 produtores rurais no Estado de Ohio e, assim como Sevier e Lee (2004), também aplicaram questionários via correio. Estimaram um modelo próbite, utilizando como variável dependente a seguinte pergunta: os benefícios têm excedido os custos com a adoção das tecnologias de AP? Os autores utilizaram variáveis explicativas, tais como: área, experiência do produtor com AP, presença de monitor de colheita e de GPS. Encontraram uma relação significativa e positiva entre a experiência do produtor com AP e a adoção dessas tecnologias. Os principais resultados mostraram que a percepção dos produtores com relação aos benefícios econômicos da AP está associada positivamente com a adoção e uso do monitor de colheita em conjunto com o GPS.

English, Roberts e Larson (2000), utilizando variáveis explicativas tais como área, rentabilidade e número de trabalhadores proprietários, sócios ou arrendatários, investigaram a

influência dessas variáveis na escolha da região mais apropriada para adoção das tecnologias de AP. Para tanto, realizaram entrevistas telefônicas em 95 municípios do Estado de Tennessee. Os resultados, obtidos, por meio de regressões logísticas, apontaram que a adoção das tecnologias de AP está positivamente correlacionada com a caracterização de municípios com propriedades agrícolas de grande porte e que tenham terras disponíveis para o cultivo.

Para melhor visualização do que se expôs acima, segue abaixo o Quadro 1.

Artigo	País/Amostra/Ano	Metodologia	Resultados
Sevier e Lee (2004)	Estados Unidos 10 principais municípios produtores de laranja na Flórida Sevier and Lee (2003)	Coleta de dados: aplicação de questionários via correio Modelo próbite tendo como variável dependente a adoção ou não das tecnologias de AP. As variáveis explicativas utilizadas foram: área da propriedade; idade, experiência e escolaridade dos produtores; e variabilidade da produção	Os resultados dos modelos econométricos indicaram que as variáveis variabilidade da produção, idade do produtor e área da propriedade têm relação positiva com a probabilidade de adoção das tecnologias de AP na cultura de laranja
McBride e Daberkow (2003)	Estados Unidos 3200 produtores de milho e soja 1998	Dados do <i>U.S. Department of Agriculture's</i> (USDA's) e <i>Agricultural Resource Management Survey</i> (ARMS) 3 Modelos lógites para o produtor que: i) tenha conhecimento sobre AP; ii) utiliza AP para o diagnóstico; e iii) utiliza AP para a correção. As variáveis explicativas referiram-se às características da propriedade e do produtor e às fontes de informação para adoção das tecnologias de AP	Os resultados indicaram que as empresas de consultoria e os fornecedores de insumos foram as principais fontes de informação para adoção das tecnologias de AP Além disso, a mídia e o setor privado são fatores importantes para a difusão das tecnologias de AP
Batte e Arnholt (2002)	Estados Unidos Cooperativa de produtores em Ohio com 325 produtores rurais 2001	Coleta de dados: questionários aplicados pelo correio Modelo próbite cuja variável dependente é baseada na pergunta: os benefícios têm excedido os custos com a adoção das tecnologias de AP? As variáveis independentes foram: área da propriedade; produtores cuja ocupação não se restrinja apenas à agrícola; experiência; variabilidade da produção; presença de monitor de colheita; e do GPS	Os resultados mostraram que a probabilidade de obter lucratividade com a adoção do monitor de colheita é possível apenas com o uso do GPS. Ou seja, a percepção dos produtores com relação aos benefícios econômicos da AP está associada positivamente com adoção do monitor de colheita em conjunto com o GPS
English, Roberts e Larson (2000)	Estados Unidos <i>Surveys do County Agricultural Extension Agents</i> realizados em 95 municípios do Tennessee e <i>Census of Agriculture</i> 1999	Coleta de dados: entrevistas telefônicas em 95 municípios do Tennessee Regressões logísticas para estimar a probabilidade de adoção de 4 tecnologias de AP pelos produtores dos municípios de Tennessee. As variáveis explicativas empregadas foram: área da propriedade; rentabilidade; número de trabalhadores proprietários, sócios ou arrendatários das terras cultivadas.	Os resultados serviram de subsídios às agroindústrias na escolha da região mais adequada para a implantação da AP A adoção das tecnologias de AP está positivamente correlacionada aos municípios com características favoráveis, como, por exemplo, municípios com propriedades de grande porte e com terras disponíveis para o cultivo

Quadro 1 – Evidências internacionais sobre os determinantes da adoção das tecnologias de AP

Diferentemente do que se propõe neste trabalho, o foco dos estudos internacionais sobre adoção de AP é no produtor rural, e não na indústria. Tratando-se, então, da agroindústria canavieira, é relevante selecionar variáveis que contemplem as empresas produtoras de álcool e açúcar integradas verticalmente em direção à matéria prima – cana-de-açúcar. Dessa forma, a pesquisa teve em vista contribuir para a proposição de variáveis relevantes que possibilitem explicar a probabilidade de adoção das tecnologias de AP nos casos em que a mesma se dá no elo agrícola da empresa integrada, ou seja, para a agroindústria sucroalcooleira do Estado de São Paulo. Espera-se que a mesma metodologia possa também ser aplicada em outras agroindústrias que contemplem de forma similar a produção de matéria-prima agrícola e do produto final.

Destaca-se que a grande maioria das variáveis dos estudos internacionais citados não se aplica para a realidade das agroindústrias canavieiras nacionais. Assim, idade, escolaridade e experiência do produtor não fornecem informações significativas para análise desse universo agrícola brasileiro. Diferentemente da empresa agrícola, onde o tomador de decisão é o produtor rural, na empresa sucroalcooleira é o gerente agrícola quem o faz. Assim, não se justifica a busca de variáveis sobre idade, escolaridade e experiência, já que os gerentes ou diretores agrícolas de forma geral possuem todos esses quesitos similares, ou seja, um mesmo nível de escolaridade, experiência e até mesmo faixa etária, o que torna dispensável e sem nenhum sentido o uso dessas variáveis.

Convém deixar claro que, das variáveis identificadas nos estudos internacionais, a única utilizada foi a que se refere à área, ou seja, o tamanho da propriedade. Quanto às variáveis apontadas nos estudos sobre inovação na indústria nacional, a origem do capital, a orientação exportadora e a associação foram as escolhidas. Ao lado das referidas variáveis, elencam-se aquelas que se referem a grupo, gestão da empresa e seu capital próprio, que, mesmo não tendo sido selecionadas a partir da revisão de literatura, passaram também a fazer parte das hipóteses testadas nesta pesquisa.



## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Modelo econométrico

O procedimento econométrico utilizado neste trabalho foi o modelo lógite, cuja variável dependente é binária, isto é, uma variável que indica a ocorrência ou não de um evento, ou a presença ou a ausência de uma condição. Tal modelo pode ser utilizado em estudos de adoção de inovação, em que é necessário escolher entre adotar ou não uma nova tecnologia (PINO, 2007).

O supracitado modelo foi utilizado, neste trabalho, para modelar a adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista<sup>19</sup>. Atribui-se, então, o valor 1 a adoção da AP e 0 a não adoção. As variáveis explicativas são representadas pelo vetor  $\mathbf{x}$  que explica a decisão entre adotar ou não:

$$\Pr(y = 1) = F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i) - \text{probabilidade de uma empresa com determinadas características } \mathbf{x} \text{ adotar a AP} \quad (1)$$

$$\Pr(y = 0) = 1 - F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i) \quad (2)$$

Os parâmetros  $\boldsymbol{\beta}$  refletem o impacto das mudanças de  $\mathbf{x}$  na probabilidade de adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista.

O modelo de probabilidade é uma regressão representada por:

$$E[y|\mathbf{x}] = 0[1 - F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i)] + 1[F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i)] = F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_i) \quad (3)$$

Se o modelo de probabilidade for linear, ou seja, se  $F(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}) = \boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}$ , dois problemas afetam a sua estimação. Um é o erro heteroscedástico e o outro é o fato de não ser possível restringir as estimativas das probabilidades no intervalo  $[0,1]$ .

Em modelos com variáveis dependentes binárias não é apropriada a aplicação de métodos de estimação dos parâmetros usuais de regressão, pois podem-se obter valores estimados da variável dependente negativos ou maiores do que um, incompatíveis com a natureza da

---

<sup>19</sup> Para simplificar, utilizar-se-á de agora em diante só o termo AP para se referir às tecnologias de AP.

variável (HOFFMANN, 2002). Portanto, existem métodos específicos, como os modelos não-lineares de probabilidade. Segundo Greene (2003), para que o modelo (3) forneça previsões consistentes espera-se que:

$$\begin{aligned} \lim_{\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x} \rightarrow +\infty} \Pr(y=1) &= 1 \\ \lim_{\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x} \rightarrow -\infty} \Pr(y=1) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Essas condições serão satisfeitas se  $F$  for uma função de distribuição normal ou logística, dentre outras. No modelo logíte usa-se a função de distribuição logística, que é dada por<sup>20</sup>:

$$E[y|\mathbf{x}] = \Pr(y=1) = F(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) = \frac{e^{\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}}}{1 + e^{\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}}} = \frac{1}{1 + e^{-\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}}} \quad (5)$$

No modelo logístico os parâmetros não são necessariamente os efeitos marginais. Ou seja, como as estimações envolvem funções não-lineares, o efeito marginal de uma variável explicativa sobre a variável dependente não é o coeficiente  $\boldsymbol{\beta}$ , como no modelo linear e, portanto, deve ser calculado para cada caso para possibilitar inferências sobre a influência das variáveis explicativas na probabilidade de  $y_i = 1$ . Portanto, para saber o efeito marginal que uma mudança em  $\mathbf{x}$  causa na probabilidade de adoção da AP, faz-se:

$$\frac{\partial E[y|\mathbf{x}]}{\partial \mathbf{x}} = \left[ \frac{\partial F(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})}{\partial (\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})} \right] \boldsymbol{\beta} = f(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}) \boldsymbol{\beta} \quad (6)$$

em que  $F$  é a função de distribuição logística e  $f$  é a função densidade de probabilidade.

---

<sup>20</sup> No modelo próbite utiliza-se a distribuição normal. Os modelos próbite e logíte são semelhantes, exceto nas caudas, que são mais pesadas na distribuição logística. Ou seja, a probabilidade condicional de  $P_i$  se aproxima de 0 ou 1 em um ritmo mais lento no logíte do que no próbite. Dessa forma, não há razões convincentes para preferir um dos modelos ao outro. No entanto, muitos pesquisadores escolhem o modelo logíte por sua relativa simplicidade matemática (GUJARATI, 2006).

A estimação dos parâmetros do modelo logístico é feita pelo método de máxima verossimilhança. Cada observação é tratada como sendo retirada de uma distribuição de Bernoulli (ou dicotômica) (GREENE, 2003).

### 5.1.1 Descrição das variáveis selecionadas

O modelo de regressão logística estimado neste trabalho especifica-se da seguinte forma<sup>21</sup>:

$$ADO_i = f(OC, EX, GR, GE, AREA, CP, AS; \varepsilon) \quad (7)$$

em que  $ADO$  é a variável dependente, sendo  $ADO = 1$ , se a empresa adota AP;  $ADO = 0$ , se a empresa não adota; e o termo  $\varepsilon$  é o erro aleatório, obedecendo as pressuposições usuais.

As variáveis explicativas foram selecionadas tendo em vista o que se discute na revisão de literatura deste trabalho<sup>22</sup>. As variáveis explicativas utilizadas são as seguintes:

- a) OC é a origem do capital – variável binária que verifica se a origem do capital é nacional (valor = 1) ou estrangeiro (valor = 0) (questão 3 do questionário<sup>23</sup>). O objetivo dessa variável foi verificar se a origem do capital tem influência sobre a probabilidade de adoção da AP. O capital controlador foi classificado em nacional ou estrangeiro. A literatura econômica afirma que o esforço inovativo das empresas de capital nacional é maior do que o das empresas de capital estrangeiro, devido ao fato de a maior parte das atividades de inovação das empresas nacionais ocorrer no país; enquanto que o das estrangeiras é de origem externa e, portanto, menos interativa com o sistema nacional de inovação. Assim, espera-se que as empresas de capital nacional sejam mais propensas a adotar AP em relação às de capital estrangeiro. Ou seja, espera-se um efeito marginal positivo;
- b) EX é a orientação exportadora da empresa – variável binária que indica se a empresa exporta (valor = 1) ou não (valor = 0) (questão 10 do questionário). A exposição da empresa ao mercado internacional incentiva a empresa a investir em novas tecnologias a

<sup>21</sup> Utilizou-se o *Software Stata 9.0* para estimação do modelo.

<sup>22</sup> Ver o capítulo 4 “Revisão Bibliográfica”.

<sup>23</sup> Ver questionário da pesquisa (ANEXO). Disponível em: <<http://www.economia.esalq.usp.br/~cbsilva/>>.

fim de elevar sua produtividade, melhorar a qualidade de seus produtos e, conseqüentemente, possibilitar maior competitividade no mercado internacional. Assim, espera-se que as empresas que atendem a mercados externos sejam mais propensas a adotar AP. Portanto, espera-se um efeito marginal positivo;

- c) GR refere-se ao grupo – variável binária que indica se a empresa é parte de um grupo empresarial (valor = 1) ou se é independente (valor = 0) (questão 4 do questionário). O efeito marginal esperado é positivo, uma vez que a empresa que faz parte de um grupo pode utilizar-se de outras empresas associadas como canal para o conhecimento dos eventuais benefícios e para a adoção da AP. Isto é, permite um contato com maior número de empresas e, conseqüentemente, maiores as chances de adoção da AP. Portanto, espera-se um efeito marginal positivo;
- d) GE refere-se ao tipo de gestão da empresa – variável binária que indica se a empresa tem gestão profissional (valor = 1) ou familiar (valor = 0) (questão 5 do questionário). O objetivo dessa variável foi verificar se a gestão empresarial tem influência positiva sobre a probabilidade de adoção de novas tecnologias, isto é, se empresas de gestão profissional são mais propensas a adotar AP do que as familiares. O efeito marginal esperado é positivo;
- e) AREA é a área total (própria e arrendada) explorada com a cana-de-açúcar, em hectares (questão 7 do questionário). A maioria das tecnologias de AP está dimensionada para grandes áreas. Além disso, o aumento na área explorada permite que a empresa cultive mais áreas com o mesmo conjunto de equipamentos de AP e, portanto, o custo unitário fica reduzido para grandes áreas. Assim, espera-se um efeito marginal positivo, isto é, espera-se que as empresas que possuem maiores áreas exploradas com a cana sejam mais propensas a adotar AP;
- f) CP é o percentual de capital próprio da empresa (questão 9 do questionário). As fontes de financiamento utilizadas pelas usinas/destilarias foram classificadas em próprias e de terceiros (privado e público). O resultado esperado do efeito marginal é positivo, ou seja, quanto maior o percentual de recursos próprios da empresa, maior será sua disposição para enfrentar riscos e, portanto, maior o investimento em máquinas e equipamentos e, conseqüentemente, maior a probabilidade de adoção da AP; e

g) AS é a associação – variável binária que indica se a indústria sucroalcooleira participa (valor = 1) ou não (valor = 0) de associações do setor<sup>24</sup> (questão 11 do questionário). Trata-se de uma variável que captura o grau de conectividade da empresa com outras organizações, na busca por adoção de novas tecnologias. O efeito marginal esperado é positivo, ou seja, a participação em parcerias permite que a empresa tenha contado direto com maior número de pessoas e técnicos especializados. Conseqüentemente, permite maior contato com as novas tecnologias e conhecimento de seus benefícios, portanto, maior a probabilidade de adoção da AP.

## 5.2 Coleta dos dados

Os dados utilizados neste trabalho foram primários, isto é, obtidos mediante questionários aplicados à indústria sucroalcooleira paulista, no segundo semestre de 2008, especificamente entre 19 de agosto e 21 de novembro. O período de análise desta pesquisa se referiu ao ano de 2008 e incluiu todas as usinas/destilarias localizadas no Estado de São Paulo, que adotam a AP e que não a adotam<sup>25</sup>.

O levantamento das unidades produtoras de açúcar e álcool paulistas foi feito através do site da União dos Produtores de Bioenergia – UDOP, que possui um portal na Internet com uma relação de nomes, endereços, números de telefone e email de todas as usinas/destilarias situadas nesse Estado<sup>26</sup>.

Para assegurar a qualidade das informações, foram adotados os procedimentos expostos a seguir, na fase de coleta dos dados.

A primeira etapa da pesquisa consistiu na identificação do diretor ou gerente agrícola de cada usina/destilaria, que fosse capaz de apreender os conceitos de AP e detivesse as informações requeridas. Importante destacar que a identificação dos diretores ou gerentes da área agrícola foi fundamental, neste trabalho, já que as perguntas foram altamente especializadas e só

---

<sup>24</sup> Tais como UNICA, CTC, UDOP, IAC, dentre outras.

<sup>25</sup> Vale ressaltar que os produtores agrícolas independentes não foram considerados neste estudo, que compreendeu apenas as áreas cultivadas (própria e arrendada) pelas usinas/destilarias.

<sup>26</sup> Ver a relação de usinas/destilarias da UDOP na Internet. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=unidades>>.

podiam ser respondidas por pessoas que tivessem autoridade para tomar decisão na empresa e, também, para passar os dados necessários para a realização da pesquisa<sup>27</sup>.

Uma vez identificado esse profissional de cada usina/destilaria da amostra, a pesquisadora, por telefone, solicitou-lhe o preenchimento do questionário, encaminhando-o por e-mail. Tendo recebido, enviou, também via e-mail, o questionário preenchido<sup>28</sup>.

### 5.3 Questionário da pesquisa

Para a obtenção de um índice satisfatório de respostas, o questionário procurou ser o mais curto possível, com perguntas e instruções formuladas objetivamente, tendo em vista a clareza, visando à importância de se desenhar o questionário de forma que mesmo as usinas/destilarias que não adotam AP o respondessem.

É plausível acreditar que quanto menos uma usina/destilaria estiver envolvida com as práticas de AP, como costuma acontecer com destilarias pequenas, onde o conceito de AP é ainda nebuloso, menos disposta ela estará para preencher o questionário da pesquisa. Esse efeito foi minimizado depois de realizado um pré-teste com o objetivo de identificar as possíveis falhas na sua elaboração. Isto porque, depois de testado o questionário, a ordem de suas questões foram alteradas, tornando-o mais simples e curto, acrescentando instruções claras, permitindo passar-se das primeiras perguntas diretamente para a última, caso a usina não utilizasse a AP.

Convém destacar que, tendo em vista o maior número possível de taxas de resposta, realizou-se um trabalho persistente, a partir de telefonemas da pesquisadora, a fim de contatar os profissionais, insistindo no preenchimento dos questionários e esclarecendo a importância dessas respostas, mesmo em casos de as usinas/destilarias não adotarem AP. Além disso, para aumentar a disposição para o preenchimento dos questionários, a pesquisadora encorajou os respondentes a telefonar, se houvesse qualquer dúvida. Assim, poderia ser solicitada ajuda para qualquer esclarecimento. Ficou bem claro que estaria assegurado sigilo irrestrito sobre os dados dos informantes e a promessa de encaminhamento das principais conclusões da pesquisa em curso.

Como já se mencionou, a população alvo deste trabalho abrange todas as usinas/destilarias paulistas, conforme levantamento da UDOP, que no site listam-se os nomes,

---

<sup>27</sup> Em alguns casos, verificou-se que outras pessoas foram envolvidas no preenchimento do questionário, mas o diretor ou gerente agrícola foi responsável pela coordenação das respostas.

<sup>28</sup> Cabe ressaltar que o questionário encontra-se num link de fácil acesso. O respondente recebeu via e-mail instruções claras para clicar no link, preencher o questionário e, depois de preenchido, clicar em “enviar” para o envio do questionário.

endereços, telefones e e-mails de 205 usinas/destilarias do Estado de São Paulo. Durante a coleta dos dados, verificou-se que algumas unidades estão em fase de construção, outras não cultivam cana-de-açúcar (compram toda a cana de fornecedores) e, em poucos casos, não produzem açúcar e álcool combustível (por exemplo, as destilarias de bebidas e de álcool industrial). Tais usinas/destilarias foram retiradas da contagem da amostra da pesquisa, já que na primeira situação a empresa ainda não está em operação; na segunda, a empresa não exerce atividade agrícola e, na terceira, não exerce atividade no setor sucroalcooleiro.

A amostra consultada foi, então, de 180 usinas/destilarias. Mas deve-se salientar que, dentre as 180 empresas contatadas, a pesquisa teve-se a 87, número obtido a partir dos questionários respondidos. Dessa forma, chegou-se à abrangência de 87 usinas/destilarias, que se constituiu no tamanho final da amostra.

A Tabela 8 apresenta a frequência das situações ocorridas na pesquisa.

Tabela 8 – Número e distribuição das usinas/destilarias do Estado de São Paulo, segundo situações de coleta - 2008

Situações da coleta	Número de empresas	Distribuição das empresas (%)
A - Total de usinas/destilarias da amostra	205	100
Em fase de construção	17	8
Não exerce atividade agrícola	6	3
Não exerce atividade no setor sucroalcooleiro	2	1
B – Total de usinas/destilarias retiradas da amostra	25	12
C – Total da amostra consultada (A – B)	180	88
D – Total final da amostra	87	42

Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.3.1 Conceituação das variáveis investigadas

A estrutura lógica do questionário sobre adoção e uso da AP seguiu uma divisão por blocos, em que se organizam os temas da pesquisa, conforme se pode visualizar na Figura 3:

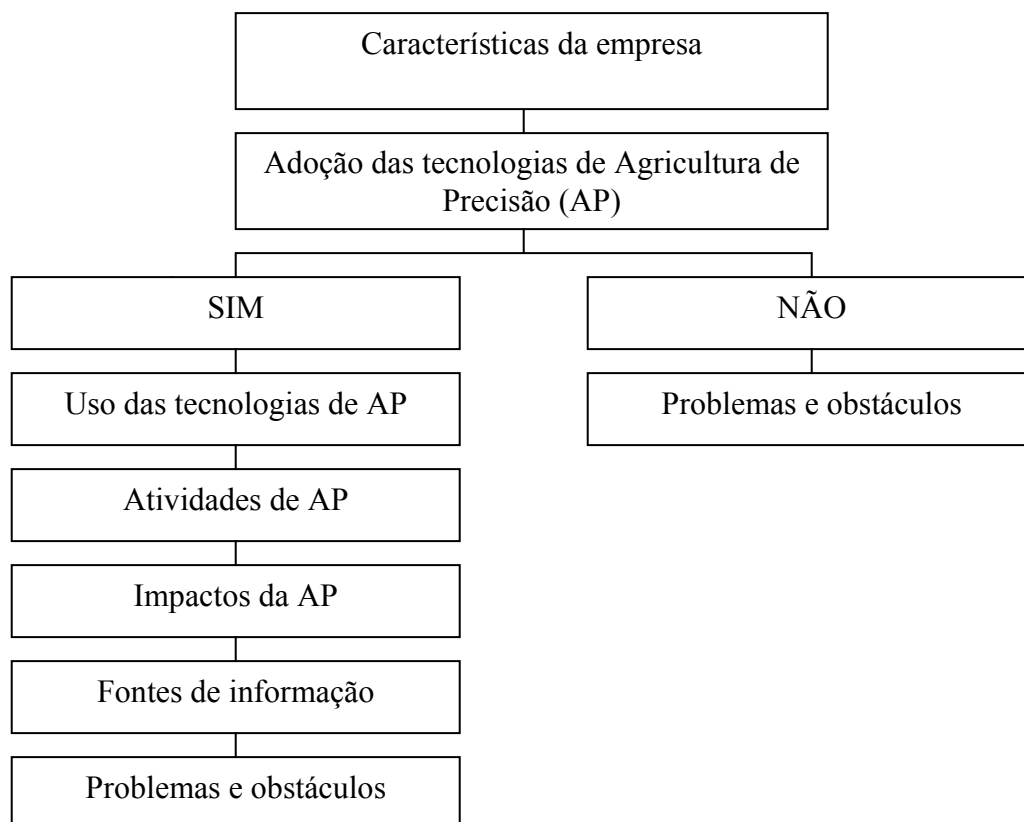


Figura 3 – Estrutura do questionário da pesquisa

A seguir são apresentados os objetivos e as definições das variáveis de cada um dos blocos temáticos do questionário.

### 5.3.1.1 Características das empresas<sup>29</sup>

De acordo com a literatura econômica, algumas características das empresas podem influenciar a escolha das estratégias e o seu desempenho inovativo (IBGE, 2007). Para entender alguns aspectos relevantes da relação entre adoção da AP e características da empresa, foram incluídas algumas variáveis no questionário, com o objetivo de identificar:

- a origem do capital controlador da empresa;
- se a empresa é parte de um grupo ou independente;
- se a empresa tem gestão profissional ou familiar;
- o total de cana moída (em tonelada) na safra 2007/08;
- a área total (própria e arrendada) explorada com a cana, em hectares;

<sup>29</sup> Questões 3 a 11 do questionário.



o número de pessoas ocupadas nas atividades agrícolas da empresa;  
a estrutura de financiamento dos gastos realizados pela empresa;  
se a empresa é exportadora ou não exportadora; e  
as principais parcerias da empresa.

### **5.3.1.2 Uso das tecnologias de AP<sup>30</sup>**

Neste bloco, as empresas responderam a quatro perguntas sobre AP: se adotam ou não AP e quais as tecnologias de AP que têm sido utilizadas; há quantos anos vem sendo utilizada a AP na empresa; se nos próximos cinco anos, ela pretende expandir, manter ou diminuir o uso da AP; e se a empresa contrata, integral ou parcialmente, serviços de AP prestados por terceiros<sup>31</sup>.

### **5.3.1.3 Atividades de AP<sup>32</sup>**

As atividades de AP, consideradas nesta pesquisa, são de três tipos: a aquisição de software; aquisição de máquinas e equipamentos; e treinamentos. Todas essas atividades devem estar ligadas às atividades de AP, isto é, a aquisição de software e de máquinas e equipamentos, e treinamento são atividades de AP quando voltarem-se especificamente para a implementação da AP.

A pesquisa solicita que a usina identifique a importância (alta, média, baixa e não relevante) das três categorias de atividades realizadas nos últimos cinco anos. Dessa forma, é possível derivar a importância das atividades de AP através de uma escala subjetiva.

As atividades de AP são listadas a seguir e os conceitos apresentados são idênticos aos utilizados no próprio questionário.

Aquisição de software – compreende a aquisição de software (de processamento e transmissão de dados, para automatização de processos, etc.), especificamente comprados para a implementação da AP;

---

<sup>30</sup> Questões 12 a 15 do questionário.

<sup>31</sup> Se a empresa não adota AP, ela recebeu instruções para passar para o bloco “Problemas e obstáculos à adoção”, questão 21 do questionário.

<sup>32</sup> Questões 16 a 18 do questionário.

Aquisição de máquinas e equipamentos – compreende a aquisição de máquinas, equipamentos, hardware, especificamente comprados para a implementação da AP;  
e

Treinamento – compreende o treinamento relacionado às práticas de AP, podendo incluir aquisição de serviços técnicos especializados externos.

#### **5.3.1.4 Impactos da AP<sup>33</sup>**

Este bloco do questionário tem por objetivo identificar os impactos associados ao uso da AP, como por exemplo, mudanças significativas no gerenciamento; melhoria na qualidade da cana; aumento da produtividade; redução dos custos de produção; redução dos impactos sobre o meio ambiente; ampliação da participação da empresa no mercado; e enquadramento em regulamentações relativas ao mercado interno e externo.

#### **5.3.1.5 Fontes de informação para adoção da AP<sup>34</sup>**

As usinas/destilarias podem obter orientação para adoção da AP de diversas fontes de informação e a sua propensão para adotá-la, certamente, é influenciada pela capacidade de absorver e combinar tais fontes. Assim, a identificação das fontes de informação utilizadas no processo de adoção da AP pode ser um indicador do processo de disseminação e absorção da nova tecnologia.

Este bloco identifica a importância das fontes de informação geradas pelas fontes internas (dentro da empresa), como por exemplo, o departamento de P&D e outras áreas, e as obtidas através de fontes externas (comerciais, educacionais e de instituições de pesquisa), tal como outra empresa do grupo; fornecedores de máquinas, equipamentos, componentes ou softwares; concorrentes; empresas de consultoria e consultores independentes; universidades e institutos de pesquisa; conferências, encontros e publicações especializadas; e feiras e exposições para adoção da AP.

---

<sup>33</sup> Questão 19 do questionário.

<sup>34</sup> Questão 20 do questionário.

### **5.3.1.6 Problemas e obstáculos à adoção<sup>35</sup>**

Este bloco do questionário busca identificar os motivos por que a usina/destilaria não adotou a AP. E, quanto às empresas que a adotam, torna possível a informação sobre dificuldades ou obstáculos na sua implementação. Assim, para ambas as usinas/destilarias, que adotam AP e não a adotam, é apresentada uma lista de problemas e obstáculos relacionados à AP, solicitando-lhes informar sobre a importância de cada um deles. Na lista aparecem fatores, como por exemplo, os elevados custos das tecnologias de AP; a escassez de fontes apropriadas de financiamento; a falta de pessoal qualificado; a falta de informação sobre a tecnologia de AP; a escassez de serviços técnicos externos adequados; e os elevados custos da prestação de serviço.

---

<sup>35</sup> Questão 21 do questionário.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Análise descritiva dos dados<sup>36</sup>

Nesta seção realizou-se uma análise descritiva dos dados das empresas que responderam o questionário completo da pesquisa, com o objetivo de se conhecer não só a intensidade do uso da AP na indústria sucroalcooleira, mas também aprofundar a discussão sobre o tema da AP, obtendo, assim, informações sobre as características das empresas, as fontes de informação utilizadas, os impactos da AP nas empresas e os obstáculos encontrados à adoção.

#### 6.1.1 Características das empresas

O índice de respostas obtidas foi satisfatório, uma vez que num universo de 180 usinas/destilarias consultadas, 87 responderam ao questionário completo da pesquisa referente ao período de 2008. Isso corresponde a 48% das empresas sucroalcooleiras paulistas. É importante ressaltar que, juntas, essas empresas foram responsáveis por cerca de 57% da cana-de-açúcar processada no Estado de São Paulo na safra 2007/08<sup>37</sup>.

A Tabela 9 apresenta o grau de adoção e as variáveis relativas ao tamanho (produção, área e pessoal ocupado) das usinas/destilarias que adotam AP e das que não adotam<sup>38</sup>. Conforme pode ser observado, mais de 50% das empresas adotam AP. De uma maneira geral, a análise dos dados sugere que essas empresas tendem a apresentar indicadores de escala superiores em relação àquelas que não adotam tal tecnologia. Conforme mostrado na Tabela 9, a produção média de cana-de-açúcar das empresas que adotam AP foi cerca de 2 vezes superior ao das empresas que não adotam. Da mesma forma, a área média foi 1,6 vezes maior e o pessoal ocupado na área agrícola médio, 1,5 superior<sup>39</sup>.

---

<sup>36</sup> Os valores das variáveis foram arredondados aumentando-se de uma unidade a parte inteira, quando a parte decimal era igual ou superior a 0,5. Assim, podem ocorrer pequenas diferenças de arredondamento entre os totais apresentados e a soma das parcelas em uma mesma tabela.

<sup>37</sup> Nessa estatística, foram usados dados da UNICA e, também, desta pesquisa. De acordo com UNICA (2008d), o total de cana processada, em toneladas, no Estado de São Paulo, na safra de 2007/08, foi de 296.313.957. Segundo os dados deste trabalho, as usinas/destilarias que responderam o questionário, no total, foram responsáveis por 167.663.862 toneladas de cana moída na safra 2007/08. Esse valor representa cerca de 57% da cana processada no Estado de São Paulo.

<sup>38</sup> O pessoal ocupado refere-se ao número de funcionários na área agrícola da empresa, englobando administração, tratamentos culturais, corte e transporte de cana, manutenção, etc.

<sup>39</sup> Quanto à variável pessoal ocupado, o mais importante são as relações: pessoal ocupado por área e pessoal ocupado por produção. Tais relações foram um pouco menores para as empresas que adotam AP, o que é coerente com o aumento crescente das taxas de mecanização, que ocasionam redução de mão-de-obra agrícola.

Tabela 9 – Características médias das empresas que adotam e não adotam AP - Estado de São Paulo - 2008

Características	Adotam AP (1)	Não adotam (2)	Índice (1) / (2)
Número de empresas	49 (56%)	38 (44%)	1,29
Produção <sup>a</sup> (t)	2.136.475	1.196.842	1,79
Área <sup>b</sup> (ha)	22.103	13.739	1,61
Pessoal ocupado <sup>c</sup>	1570	1034	1,52

Fonte: Dados da pesquisa.

<sup>a</sup> Total de cana moída na safra 2007/08.

<sup>b</sup> Área total (própria e arrendada) explorada com a cana-de-açúcar.

<sup>c</sup> Número de pessoas ocupadas nas atividades agrícolas da empresa.

Os dados da Tabela 10 apresentam informações sobre a origem do capital e a orientação exportadora das usinas/destilarias. Consta-se que, para ambas as categorias de empresas, que adotam AP e não adotam, predominam as empresas de capital nacional. Esse resultado é consistente, pois o setor sucroalcooleiro ainda é majoritariamente dominado por empresas brasileiras. Contudo, a tendência é que as empresas estrangeiras cresçam gradualmente nos próximos anos, devido ao atraente custo de produção do açúcar brasileiro e, sobretudo, do álcool, visto como alternativa viável para a substituição de combustíveis fósseis líquidos em curto e médio prazo. Como se pode observar na Tabela 10, das 79 empresas de propriedade nacional, 58% adotam AP, enquanto das 8 empresas de capital estrangeiro, 38% adotam. Esse resultado já era esperado, conforme estudo realizado pelo IPEA que serviu de sustentação para este trabalho e que afirma que o esforço inovativo das empresas nacionais é maior do que o das estrangeiras.

Quando se perguntou se a empresa exportava, verificou-se que dentre um universo de 67 empresas exportadoras, 66% adotam AP (Tabela 10). É razoável que o percentual dessas empresas seja maior entre as exportadoras, já que a exposição à competição do mercado internacional incentiva a empresa a investir em novas tecnologias para que possa atender à demanda mais exigente e as pressões competitivas mais intensas enfrentadas no mercado internacional.

Tabela 10 – Número de empresas que adotam e não adotam AP, segundo a origem do capital controlador e a orientação exportadora - Estado de São Paulo - 2008<sup>40</sup>

Empresas	Origem do capital controlador		Orientação exportadora	
	Nacional	Estrangeiro <sup>a</sup>	Exportadora	Não exportadora
Que adotam AP	46 (58%)	3 (38%)	44 (66%)	5 (25%)
Que não adotam AP	33 (42%)	5 (63%)	23 (34%)	15 (75%)
Total	79 (100%)	8 (100%)	67 (100%)	20 (100%)

Fonte: Dados da pesquisa.

<sup>a</sup> Aqui são também incluídas as empresas de capital nacional e estrangeiro (mistas).

Outras duas características das empresas foram identificadas: se a empresa é parte de um grupo empresarial ou independente; e se a sua gestão é profissional ou familiar. Quanto a isso os resultados foram extremamente interessantes. Como se pode observar na Tabela 11, dentre as 50 empresas que afirmaram fazer parte de um grupo empresarial, 80% adotam AP, enquanto dentre as 37 que declararam ser independente, 24% adotam tal tecnologia. Este fato pode indicar a existência de sinergias do grupo, tais como uso comum dos equipamentos de AP e troca de informações. Outro resultado interessante é que das 49 empresas que afirmaram possuir gestão profissional, 76% adotam AP, enquanto das 38 que declararam ter gestão familiar, 32% adotam.

Assim, é possível observar pela Tabela 11 que as empresas que adotam AP são predominantemente de gestão profissional e fazem parte de um grupo empresarial.

<sup>40</sup> O capital controlador é nacional quando está sob titularidade direta ou indireta de pessoas físicas ou jurídicas residentes e domiciliadas no país. O capital controlador é estrangeiro quando está sob titularidade direta ou indireta de pessoas físicas ou jurídicas domiciliadas fora do país (IBGE, 2007).

Tabela 11 – Número de empresas que adotam e não adotam AP, segundo grupo ou unidade e gestão - Estado de São Paulo - 2008

Empresas	Grupo ou unidade		Gestão	
	Grupo	Independente	Profissional	Familiar
Que adotam AP	40 (80%)	9 (24%)	37 (76%)	12 (32%)
Que não adotam AP	10 (20%)	28 (76%)	12 (24%)	26 (68%)
Total	50 (100%)	37 (100%)	49 (100%)	38 (100%)

Fonte: Dados da pesquisa.

As empresas informaram também a estrutura de financiamento dos gastos realizados na usina/destilaria. As fontes de financiamento podem ser próprias e de terceiros (privado e público). Conforme mostra a Tabela 12, os recursos próprios parecem ser relativamente mais importantes que as outras fontes de financiamento, independentemente da empresa adotar ou não AP. Os resultados também mostraram que o percentual de recursos próprios é superior para as empresas que adotam AP, o que parece ser razoável, pois quanto mais capitalizada estiver a empresa, maiores serão os seus investimentos em máquinas, equipamentos, etc.

Importante ressaltar que a adoção da AP não só é uma atividade intensiva em recursos, pois seu custo fixo é elevado, como também é bastante arriscada, já que os benefícios dos investimentos são incertos e o retorno vem, em geral, a longo prazo. Dessa forma, quanto mais recursos próprios possuir a empresa, maior será sua disposição para enfrentar riscos, tal como a adoção da AP. Por outro lado, empresas dependentes de recursos de terceiros (privado e/ou público) são mais atingidas por condições macroeconômicas desfavoráveis. Ou seja, taxas de juros altas aumentam o risco de investir em novas tecnologias – tais como AP – e a escassez de recursos financeiros a baixo custo diminui o retorno esperado. Adicionalmente, um dado interessante que se verá adiante refere-se, justamente, à escassez de recursos para o financiamento. Esse fator foi identificado pelas empresas sucroalcooleiras como sendo um importante obstáculo ao processo de adoção da AP. Isso parece indicar a percepção das empresas sobre a importância da fonte de recursos próprios para adoção da AP.

Tabela 12 - Fontes de financiamento utilizadas pelas usinas/destilarias - Estado de São Paulo - 2008

Empresas	Fontes de financiamento (%)			
	Próprias	De terceiros		
		Total	Privado	Público
Que adotam AP	77	23	9	14
Que não adotam AP	58	42	20	22

Fonte: Dados da pesquisa.

Não se pode deixar de considerar o custo de oportunidade do capital, que aqui pode ser definido como a maior rentabilidade que poderá ter o capital, caso não seja investido em maquinários e equipamentos para a implementação da AP. Ou seja, a usina/destilaria poderia aplicar no mercado financeiro, ao invés de investir em bens de capital na propriedade. Dessa forma, é importante que a empresa conheça não só o perfil do projeto, mas também a magnitude da taxa de juros ou as alternativas de aplicação no mercado financeiro.

Uma informação que merece ser destacada é que, mesmo garantindo aos informantes o sigilo dos dados, algumas empresas não informaram as fontes de financiamento, alegando sigilo. E por essa questão não foi possível utilizar os questionários de tais empresas, resultando numa diminuição do índice de questionários inteiramente completos – condição *sine qua non* para a pesquisa.

Pode-se afirmar que maior interação entre usinas/destilarias e associações de classe leva ao aprendizado mútuo e à conseqüente difusão de novas tecnologias. Então, quando foi perguntado se as usinas/destilarias participavam de alguma associação, verificou-se que 79 empresas (91%) declararam estar associadas a entidades de classe, o que favorece o fomento e a divulgação da adoção da AP. O percentual de usinas/destilarias associadas foi um pouco maior nas empresas que adotam AP (57%) em relação às empresas que não adotam (43%).

Buscou-se conhecer também cada um dos parceiros com os quais a empresa mantém associação. Como mostra a Figura 4, as usinas/destilarias que adotam AP apontaram UNICA (76%) e CTC (71%) como seus principais parceiros, o que destaca a importância da principal



associação do setor sucroalcooleiro e centro tecnológico ligado a esse setor no país. Em seguida, assinalaram RIDESA (16%) e UDOP (10%)<sup>41</sup>.

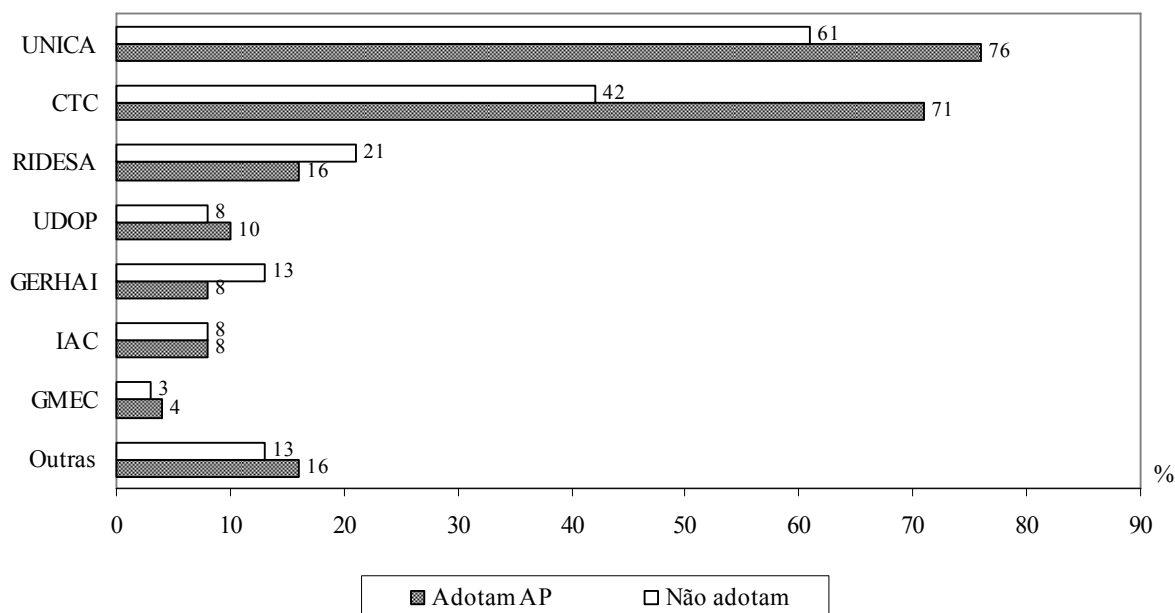


Figura 4 – Associação das usinas/destilarias que adotam e não adotam AP por tipos de parceria - Estado de São Paulo - 2008

Fonte: Dados da pesquisa.

### 6.1.2 Uso das tecnologias de AP<sup>42</sup>

A Figura 5 resume os resultados da taxa de adoção para as diferentes tecnologias de AP. A tecnologia de AP de mais elevada taxa de adoção é a imagem de satélite, que foi de 76%<sup>43</sup>. Dentre outras tecnologias com elevadas taxas de adoção, destacam-se o piloto automático (39%), seguido das fotografias aéreas (33%), amostragem de solo em grade (com GPS) (31%) e tecnologia de aplicação em taxa variada (29%).

<sup>41</sup> As siglas RIDESA, GERHAI e GMEC significam, respectivamente, Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, Grupo de Estudos em RH na Agroindústria, e Grupo de Motomecanização.

<sup>42</sup> Apenas as usinas/destilarias que adotam as tecnologias de AP responderam as questões referentes ao “Uso das tecnologias de AP”; “Atividades de AP”; “Fontes de informação para adoção da AP”; e “Impactos da AP”.

<sup>43</sup> O percentual elevado da taxa de adoção das imagens (satélite e fotografias aéreas) pode ser consequência do fato de que a grande maioria dessas imagens não seja especificamente utilizada para a AP. Ou seja, as usinas/destilarias por disponibilizarem-se desses recursos, podem considerar isso o suficiente. Esses resultados devem ser, portanto, interpretados com cuidado.



Figura 5 - Taxa de adoção da AP, segundo tecnologias de AP - Estado de São Paulo - 2008<sup>44</sup>

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se verificar, também, que as tecnologias com as menores taxas de adoção são: sensores e mapeamento da condutividade elétrica do solo (ambas com 0%, isto é, nenhuma usina/destilaria adotou tais tecnologias). Esse fato pode ser um indício da incipiência dessas tecnologias que não estão perfeitamente adequadas à cultura da cana. Ou seja, podem existir ainda limitações tecnológicas a serem superadas para o avanço da adoção de tais tecnologias, tais como, problemas de falta de compatibilidade dos aplicativos computacionais usados; necessidade de calibração freqüente de sensores, que podem ser afetados por mudanças na topografia e pela

<sup>44</sup> Ressalta-se que os conceitos das tecnologias de AP podem ter sido mal interpretados pelos respondentes. No caso do monitor de colheita e mapeamento, por exemplo, há evidências de que um grupo de usinas/destilarias que declarou o uso da referida tecnologia nos questionários aplicados, não a utilize de fato. Desta forma, essas respostas, em particular, não foram consideradas na pesquisa.

presença de impurezas na colheita; e oferta reduzida de oficinas dotadas de equipamentos específicos e de mecânicos especializados.

Com relação a outras tecnologias, 4% das usinas/destilarias apontaram a tecnologia de aplicação de defensivos em taxa variada que, diferentemente da aplicação localizada de fertilizantes e corretivos, está ainda em desenvolvimento.

Quando se observam os dados relativos ao tempo médio de uso da AP nas usinas/destilarias, nota-se que o tempo médio é de 4 anos. Esse resultado consolida, portanto, as evidências de que AP, apesar de estar sendo adotada, ainda é uma tecnologia relativamente recente no país. No entanto, é possível observar pela Tabela 13 que mais de 80% das usinas/destilarias declararam que possuem 3 ou mais anos de experiência com AP.

Tabela 13 – Percentagem de empresas que adotam AP, segundo faixas de tempo de experiência com AP - Estado de São Paulo - 2008

Faixas de tempo	Percentual de empresas
1 a 2 anos	17
3 a 4 anos	31
Mais de 4 anos	52

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando foi perguntado se nos próximos cinco anos a empresa pretende expandir, manter ou diminuir o uso da AP, verificou-se que 96% das empresas que a adotam declararam seu interesse em aumentar o uso da tecnologia. Verificou-se também que apenas 4% das empresas que adotam declararam pretender manter o uso da AP e nenhuma usina/destilaria declarou ter interesse em diminuir (Figura 6). Esses resultados comprovam o otimismo das usinas/destilarias, o que leva a crer que a AP tornar-se-á ferramenta indispensável nos próximos anos, não só no âmbito do setor sucroalcooleiro, mas também no das empresas agrícolas brasileiras como um todo.

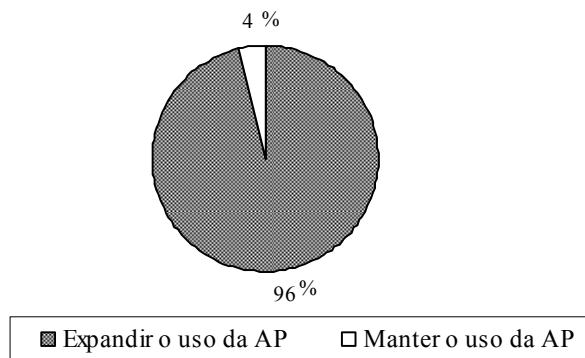


Figura 6 – Percepção do uso da AP na indústria sucroalcooleira - Estado de São Paulo - 2008

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 7 apresenta o número de empresas que contratam ou não, integral ou parcialmente, serviços de AP prestados por terceiros. Os dados mostram que, cerca de 65% - 32 empresas que adotam AP - declararam contratar algum tipo de serviço terceirizado voltado à AP.



Figura 7 - Empresas que contratam ou não contratam, integral ou parcialmente, serviços de AP prestados por terceiros - Estado de São Paulo - 2008

Fonte: Dados da pesquisa.

Para essas mesmas empresas, destaca-se que as imagens (satélite e fotografias aéreas) foram os serviços terceirizados mais utilizados (69%) (Figura 8)<sup>45</sup>. Dentre outros serviços

<sup>45</sup> Ver nota de rodapé 43. O percentual elevado dos serviços terceirizados de imagens (satélite e fotografias aéreas) pode ser consequência do fato de que o CTC disponibiliza tais serviços para as usinas associadas.

terceirizados de AP contratados pelas usinas/destilarias, destacam-se a aplicação de insumos em taxa variada (13%), o piloto automático (9%) e a amostragem (6%). Vale notar que estes percentuais são reduzidos e refletem o fato de que os serviços disponíveis ainda não estão perfeitamente adaptados ao setor sucroalcooleiro<sup>46</sup>. Além disso, como se verá adiante, os elevados custos da prestação de serviço é o terceiro obstáculo mais apontado pelas empresas que adotam AP.

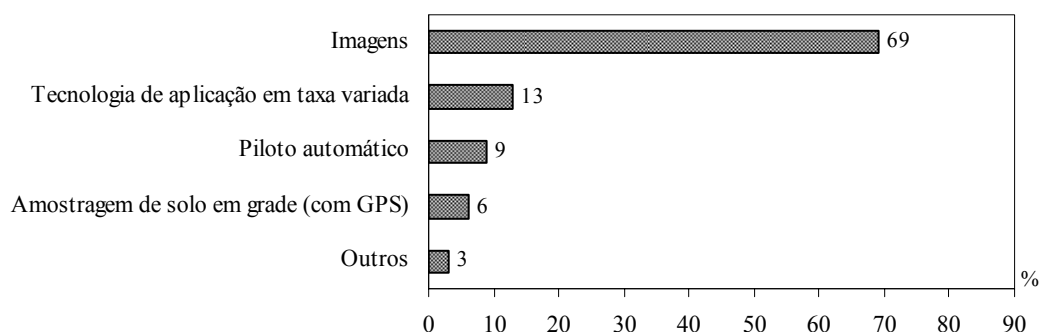


Figura 8 – Serviços de AP prestados por terceiros, por tipo de tecnologia de AP - Estado de São Paulo - 2008

Fonte: Dados da pesquisa.

### 6.1.3 Atividades de AP

No que diz respeito à percepção qualitativa da importância das atividades de AP, os dados deste trabalho revelam que as usinas/destilarias atribuíram importância alta ou média para essas atividades de forma semelhante.

A Tabela 14 mostra a frequência com que as atividades de AP, consideradas nesta pesquisa, foram apontadas pelas usinas/destilarias como de importância alta ou média. No universo de empresas que adotam AP, a maior concentração de respostas atribuiu importância alta ou média para a aquisição de máquinas e equipamentos (75%), seguida da aquisição de software e treinamento (ambos com 73%).

<sup>46</sup> Uma consulta à uma empresa pioneira na prestação de serviços de AP confirmou essa explicação de que a maioria dos serviços disponíveis ainda não está perfeitamente preparado para o setor sucroalcooleiro.

Tabela 14 – Percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância a atividades de AP - Estado de São Paulo - período 2003-2008

Usinas/destilarias que adotam AP	
Atividades de AP	Percentual de empresas
Aquisição de software	75
Aquisição de máquinas e equipamentos	73
Treinamento	73

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 6.1.4 Fontes de informação para adoção da AP

Outro aspecto que acrescenta informações relevantes sobre as características do processo de adoção da AP no setor pesquisado refere-se às fontes de informação responsáveis pela implementação da AP. Elas são consideradas um indicador útil para o entendimento do comportamento das usinas/destilarias, uma vez que a origem de um projeto de adoção da AP pode ser proveniente da própria empresa ou de uma fonte externa.

A Tabela 15 apresenta a proporção de empresas que atribuíram importância alta e média às fontes de informação para adoção da AP.

Em relação ao conjunto de empresas que adotam AP que apontaram uma importância alta ou média, aparecem, em primeiro lugar, os fornecedores das tecnologias de AP (92%), seguida por universidades e institutos de pesquisa (83%), conferências, encontros e publicações especializadas (77%) e empresas de consultoria e consultores independentes (75%). Deve ser ressaltado que algumas empresas não responderam ao item referente a outras áreas internas, o que pode indicar que tal item não desempenhe papel muito importante como fonte de informação. A questão pode também não ter sido de fácil entendimento para os respondentes. Assim, esse resultado deve ser interpretado com cuidado.

De uma maneira geral, a análise dos dados sugere que a adoção da AP no setor sucroalcooleiro resulta, sobretudo, do uso de informações absorvidas através do conhecimento obtido a partir de suas relações comerciais com fornecedores, dos centros educacionais e de pesquisa e das conferências e encontros.

Tabela 15 – Fontes de informação para adoção da AP: percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância a fontes de informação específicas - Estado de São Paulo - 2008

Usinas/destilarias que adotam AP	
Fontes de informação empregadas	Percentual de empresas
<b>Fontes internas</b>	
Departamento de P&D	71
Outras áreas	51
<b>Fontes externas</b>	
Outra empresa do grupo	16
Fornecedores	92
Concorrentes	61
Empresas de consultoria e consultores independentes	75
Universidades e institutos de pesquisa	83
Conferências, encontros e publicações especializadas	77
Feiras e exposições	69

Fonte: Dados da pesquisa.

### 6.1.5 Impactos da AP

Os resultados que as práticas de AP produzem no desempenho das usinas/destilarias podem ser diversos, podendo ser lucrativos em determinadas situações, mas não em todas. A Tabela 16 apresenta a frequência com que os impactos da AP, investigados nesta pesquisa, foram apontados pelas empresas como de importância alta ou média.

Para as empresas que adotam a AP, a mudança significativa no gerenciamento é o impacto apontado com maior frequência (94%). Em seguida, destaca-se o aumento da produtividade (78%), redução do impacto ambiental (73%) e dos custos de produção (71%). Esses resultados podem ser corroborados pelo fato de que a AP é um sistema de gerenciamento com o objetivo de otimizar os sistemas produtivos e minimizar o impacto ambiental.

Um número especialmente relevante a ser observado na Tabela 16 é que 63% das usinas/destilarias que adotam AP atribuíram alta ou média importância da AP para o enquadramento às normas do mercado interno. Esses números podem revelar a preocupação das usinas/destilarias com os regulamentos ambientais como, por exemplo, o Protocolo Agroambiental que proíbe a queima da palha da cana. Ou seja, a adoção de novas tecnologias é feita não só para atender ao mercado externo, mas, sobretudo ao próprio mercado interno.

Tabela 16 – Impactos da AP: percentual de empresas que adotam AP que atribuíram alta ou média importância a impactos específicos - Estado de São Paulo - 2008

Usinas/destilarias que adotam AP	
Impacto causado	Percentual de empresas
Mudanças significativas no gerenciamento	94
Melhoria da qualidade da cana	67
Aumento da produtividade	78
Redução dos custos de produção	71
Redução do impacto ambiental	73
Ampliação da participação da empresa no mercado	59
Enquadramento em regulamentações relativas ao mercado interno	63
Enquadramento em regulamentações relativas ao mercado externo	57

Fonte: Dados da pesquisa.

### 6.1.6 Problemas e obstáculos à adoção

Os motivos pelos quais as usinas/destilarias não adotam AP, ou os obstáculos que encontram na sua implementação constituem informações valiosas para a formulação e avaliação de políticas públicas visando o aumento do uso de novas tecnologias no setor sucroalcooleiro.

Focando, primeiramente, as empresas que adotam AP e, analisando a Figura 9, com a proporção de empresas que indicaram importância alta ou média em cada categoria de problemas, percebe-se que o elevado custo das tecnologias de AP (96%) é o obstáculo mais apontado pelas usinas/destilarias, seguido por falta de pessoal qualificado (94%) e elevados custos da prestação de serviço (88%). Além de os problemas e obstáculos listados no questionário, algumas usinas/destilarias informaram outros fatores que prejudicaram as práticas de AP como, por exemplo, a inexperiência das empresas que vendem o equipamento, ou seja, na maioria das vezes, os próprios fornecedores não sabem utilizá-lo; a AP ainda não está perfeitamente desenvolvida para a cana-de-açúcar; e a carência de tecnologias que se adéquem às necessidades da usina e que sejam economicamente viáveis.

Com relação aos problemas apontados pelas empresas que não adotam AP, os elevados custos da prestação de serviço (97%) constam como o mais relevante, seguido por



elevados custos das tecnologias de AP (92%) e falta de pessoal qualificado (89%), a exemplo do verificado nas usinas/destilarias que adotam AP.

Outros problemas foram apontados pelas usinas/destilarias que não adotam AP. Dentre eles, a dificuldade operacional, pois muitas ferramentas estão dimensionadas para grandes áreas; a carência de profissionais especializados, principalmente tratoristas e motoristas; a legislação e os regulamentos ambientais, exigindo que a usina priorize investimentos em outras áreas; a falta de divulgação e conhecimento dos benefícios da AP; o prazo muito longo de retorno do investimento na AP; e a resistência a mudança na empresa.

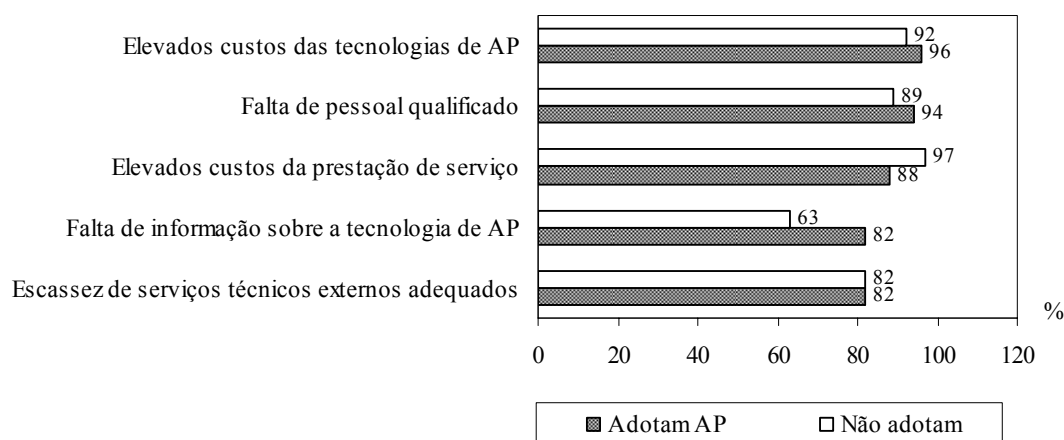


Figura 9 – Problemas e obstáculos apontados pelas usinas/destilarias que adotam e não adotam AP - Estado de São Paulo - 2008

Fonte: Dados da pesquisa.

Conclui-se que as usinas/destilarias, independentemente de terem adotado AP, encontraram nos fatores econômicos os maiores obstáculos à AP. Dentre eles, o fator considerado como maior obstáculo, foram os elevados custos das tecnologias de AP. Nesse sentido, um dos grandes desafios para a plena adoção dessas tecnologias consiste em reduzir os custos de aquisição dos maquinários e equipamentos. Sabe-se que os preços praticados são decorrentes de falta de escala de produção e nacionalização (MOLIN, 2004a). Além de equipamentos de baixo custo, a adoção em larga escala da AP depende de tecnologias de uso mais simples e mais eficiente, maior percepção de lucratividade pelo uso dessas tecnologias e treinamento de mão-de-obra especializada (MATTOSO; GARCIA, 2006).

## 6.2 Modelo estimado

Nesta seção apresenta-se o modelo econométrico estimado, tendo como objetivo identificar os principais fatores determinantes da adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista.

Os resultados (efeitos marginais, desvios-padrões, testes e médias) do modelo lógite, em que a variável dependente foi se a empresa adota AP ou não adota, estão expressos na Tabela 17. O teste de Wald, que testa a hipótese nula de que todos os coeficientes angulares são simultaneamente iguais a zero, foi altamente significativo, indicando que a inclusão das variáveis explicativas é importante no modelo<sup>47</sup>.

A análise dos resultados pode ser feita diretamente a partir do efeito marginal, que fornece o impacto de cada variável sobre a probabilidade de adoção da AP pela empresa. Os resultados indicaram que a maioria das variáveis explicativas é significativa ao nível de 1%. Além disso, todas elas têm relação positiva com a probabilidade de a empresa adotar AP, o que está de acordo com os sinais esperados, com exceção da variável associação (AS), que, ao contrário do que se esperava, é negativo.

A origem do capital da empresa (OC) e o capital próprio (CP) foram positivos e significativos<sup>48</sup>. A variável origem do capital apresentou efeito marginal igual a 0,6145, significando que o fato de a empresa ser de capital nacional provoca aumento na probabilidade de adoção da AP de 61,45 pontos percentuais, em relação à empresa de capital estrangeiro. Tal resultado apóia a hipótese da revisão de literatura aqui investigada, de que o esforço inovativo das empresas de capital nacional é maior do que o das estrangeiras radicadas no Brasil, que concentram seus esforços inovativos nas matrizes em seus países de origem.

No tocante à adoção da AP, qual a razão da empresa adotar a AP no país de origem e não no Brasil, partindo do pressuposto que existam vantagens no uso da tecnologia? Uma explicação plausível é a matéria-prima empregada, que pode diferir entre os países: por exemplo, cultivar beterraba para a fabricação de açúcar no país de origem e cana-de-açúcar aqui. São realidades distintas que requerem também uso de tecnologias distintas, o que poderia explicar a

---

<sup>47</sup> O teste de Wald mostra o efeito conjunto das variáveis explicativas sobre a dependente, que tem uma distribuição de  $\chi^2$ , com número de graus de liberdade igual ao número de variáveis explicativas.

<sup>48</sup> Uma forma de detectar a multicolinearidade é pela análise das correlações parciais entre as variáveis do modelo estimado. Segundo Gujarati (2006), as correlações acima de 0,8 apontam possivelmente para um possível problema de multicolinearidade. Não foi encontrada nenhuma correlação acima de 0,8 nas variáveis presentes no modelo estimado neste trabalho.

não adoção da tecnologia no Brasil. Outro fato que merece uma investigação mais aprofundada é que a maior parte das empresas estrangeiras entrou no Brasil através da aquisição de uma planta de capital nacional. Seria interessante analisar se a empresa estrangeira que adquiriu uma usina/destilaria brasileira que já estivesse adotando as tecnologias de AP antes de sua aquisição, optaria pela continuidade ou não do uso da AP. Num cenário de continuidade, este fato atenuaria o resultado encontrado sobre a origem do capital. Assim, tais fatores podem afetar a variável origem do capital, devendo ser interpretado com cuidado esse resultado.

Pela Tabela 17, percebe-se que o capital próprio foi também importante para explicar o comportamento das empresas na propensão de adotar AP. Quando a empresa utiliza seu capital próprio, o lucro provocado pela venda desse bem é acrescentado ao capital, já convertido em meios de produção, promovendo sua capitalização, buscando estímulo para conceber novas combinações na busca do lucro. Os resultados mostraram que quanto maior o percentual do valor dos dispêndios com as fontes próprias, em relação às fontes de financiamento de terceiros (privado e público), maior a chance de a empresa adotar AP, como esperado. De acordo com o efeito marginal estimado, por exemplo, o aumento de um ponto percentual na fonte própria implicaria um aumento de 0,738 pontos percentuais na probabilidade de adoção da AP pela empresa.

É importante ressaltar que o custo de oportunidade deve ser considerado pelas usinas/destilarias. Esse custo pode ser definido como a taxa de rentabilidade que o capital pode ganhar na melhor alternativa de utilização, além do projeto (por exemplo, aplicar no mercado financeiro, ao invés de converter o capital em investimentos - máquinas e equipamentos para a implementação da AP - na empresa).

Tabela 17 – Condicionantes da adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista - 2008

Variáveis	Efeito marginal	Desvio-padrão	Teste Z <sup>a</sup>	Média das variáveis
Origem do capital (OC)	0,614542	0,09448	6,50**	0,908046
Grupo (GR)	0,532957	0,14548	3,66**	0,574713
Gestão da empresa (GE)	0,274285	0,15985	1,72*	0,563218
Área (AREA) <sup>b</sup>	0,000017	0,00001	1,37	18450,2
Capital próprio (CP) <sup>c</sup>	0,007387	0,00286	2,58**	68.7241
Orientação exportadora (EX)	0,423197	0,25178	1,68*	0,770115
Associação (AS)	-0,446011	0,11127	-4,01**	0,908046
Pseudo R <sup>2</sup>	0,4682**			
$\chi^2$	31,91**			
Observações	87			

Fonte: Dados da pesquisa.

<sup>a</sup> O teste Z mostra se o efeito de cada uma das variáveis explicativas sobre a dependente é ou não estatisticamente significativo.

<sup>b</sup> Em hectares.

<sup>c</sup> Percentual do valor dos dispêndios com fontes próprias.

\* e \*\* representam significativos a 10% e 1%, respectivamente.

O modelo também mostra que, se a empresa é exportadora, a probabilidade de adoção da AP aumenta em 42,31 pontos percentuais. Esse resultado corrobora a hipótese de que a inserção das empresas em mercados externos, que são mais exigentes, amplia sua propensão a adotar novas tecnologias, a fim de enfrentar as pressões competitivas mais intensas no comércio internacional e as exigências dos padrões tecnológicos externos.

As variáveis referentes ao grupo (GR) e à gestão da empresa (GE) também foram positivas e significativas. Constatou-se que o fato de a usina/destilaria fazer parte de um grupo empresarial aumenta a probabilidade de a mesma adotar AP em 53,29 pontos percentuais em relação à empresa independente. Esse resultado reforça, portanto, a hipótese levantada anteriormente de que a empresa utiliza-se de outras empresas do grupo como canal importante para a difusão e o conhecimento de novas tecnologias.

Além de o grupo ser uma variável importante para explicação da propensão da empresa adotar AP, notou-se, também, que o tipo de gestão da empresa é relativamente importante. Isto é, se a empresa possui gestão profissional, a probabilidade de adoção eleva-se em quase 30 pontos percentuais, comparativamente às empresas de gestão familiar. Esse resultado é consistente com a idéia freqüentemente difundida de que as empresas de gestão familiar são mais tradicionais e, portanto, mais resistentes a mudanças. Esses dois resultados confirmam os dados obtidos na análise descritiva, ou seja, de que as empresas que adotam AP, além de serem predominantemente de gestão profissional, fazem também parte de um grupo empresarial<sup>49</sup>.

Um aspecto a chamar a atenção é que, apesar de o coeficiente da área (AREA) ser positivo, indicando que um aumento na área da empresa aumenta a adoção da AP, o modelo não captou o efeito esperado para essa variável. Constatou-se, então, que a área não foi importante para explicar a decisão da empresa a adotar AP. O fato de o modelo não ter captado o efeito esperado da variável área pode sugerir que grande parte das usinas/destilarias da amostra possui escala suficiente para adotar AP<sup>50</sup>.

Outro aspecto interessante é com relação ao sinal esperado da variável associação (AS). Esperava-se uma relação positiva entre associação e a probabilidade de a empresa adotar AP, indicando que a participação da empresa em associações do setor provocasse aumento na probabilidade de adoção da AP. Isto é, esperava-se que o sinal do efeito marginal fosse positivo. No entanto, o sinal estimado foi negativo. Esse resultado parece revelar o quanto a associação não foi importante para as usinas/destilarias para poder adotar AP, mostrando uma possível fraqueza das entidades ligadas ao setor sucroalcooleiro na difusão de novas tecnologias e, especialmente, no envolvimento com práticas de AP.

---

<sup>49</sup> Ver a seção 6.1.1 deste trabalho.

<sup>50</sup> Os dados descritivos deste trabalho corroboram esse fato: a área média das empresas que adotam AP foi de 22.103 ha, enquanto que das que não adotam AP foi de 13.739 ha.

## 7 CONCLUSÕES

Há evidências de que o setor sucroalcooleiro vem utilizando as tecnologias de AP em larga escala. Porém, não existem ainda estudos sobre o grau de adoção e uso dessas tecnologias. Essa falta de pesquisas é consequência da escassez de dados e, também, de ser um campo de estudo ainda recente no país. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo investigar o processo de adoção e uso das tecnologias de AP na indústria sucroalcooleira paulista.

As análises deste trabalho são apresentadas em duas etapas. A primeira delas é a análise descritiva das práticas de AP nas usinas/destilarias paulistas, a partir dos dados primários obtidos dos questionários. A segunda é a análise do modelo estimado, procurando identificar os principais fatores responsáveis pela adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista.

A análise descritiva realizada a partir dos dados primários levantados na pesquisa procurou não apenas mensurar o grau de adoção e uso da AP na indústria sucroalcooleira paulista, como também identificar as características das usinas/destilarias (fontes de financiamento, parcerias estabelecidas, etc.), as fontes de informação utilizadas, os impactos e os problemas resultantes da adoção da AP.

Do universo de empresas que responderam o questionário da pesquisa, verificou-se que 56% - 49 empresas - adotam algum tipo de tecnologia de AP. Essas empresas são predominantemente parte de um grupo empresarial e de gestão profissional. A análise dos dados também mostrou que essas empresas tendem a apresentar indicadores de escala (produção, área e pessoal ocupado na área agrícola) superiores em relação àquelas que não adotam tais tecnologias.

Os dados com relação à origem do capital e à orientação exportadora da empresa, apontam que as empresas que adotam AP são predominantemente de capital nacional e exportadoras. As informações levantadas demonstram, também, que a grande maioria das empresas que adotam AP utiliza fontes de financiamento próprio.

Quanto aos resultados sobre as relações estabelecidas entre as usinas/destilarias com associações do setor, notou-se, tanto entre as empresas que adotam AP quanto entre as que não adotam, um alto percentual de usinas/destilarias que participam de alguma associação. As parcerias mais importantes foram, em ordem decrescente, UNICA, CTC e RIDESA.

Os resultados mostraram, ainda, que a tecnologia de AP que tem sido mais utilizada nas usinas/destilarias paulistas é a imagem de satélite (76%). Em seguida, o piloto automático (39%), as fotografias aéreas (33%), a amostragem de solo em grade (com GPS) (31%) e a

tecnologia de aplicação em taxa variada (29%) são as tecnologias que apresentaram maior grau de adoção. Entretanto, outras tecnologias não apresentaram taxa de adoção como é o caso dos sensores e do mapeamento da condutividade elétrica do solo (ambas com 0%).

O grau ainda incipiente da adoção da AP é evidenciado quando se observam os dados relativos ao tempo médio de uso da tecnologia nas usinas/destilarias paulistas, que foi de 4 anos. Por outro lado, os resultados sobre as perspectivas para adoção da AP são positivos, já que a grande maioria das empresas que adotam AP (96%) declarou que nos próximos cinco anos pretende expandir o uso da tecnologia. Nesse sentido, é possível projetar um futuro promissor para as práticas de AP.

Com relação aos dados das usinas/destilarias que contratam ou não serviços de AP prestados por terceiros, apenas 22% das empresas que adotam AP declararam que contratam serviços terceirizados de aplicação localizada de insumos e de piloto automático. Uma possível explicação para isso pode estar relacionada à escassez de empresas de prestação de serviço e aos seus elevados custos. Esses dois fatores correlacionam-se fortemente entre si, pois a falta de empresas nessa área contribui para a redução da oferta de serviços de AP prestados por terceiros e, conseqüentemente, permite o aumento do custo de tais serviços. Ou seja, a escassez de empresas de prestação de serviços de AP relaciona-se diretamente ao custo destes serviços. Vale ressaltar também que tais serviços ainda não estão perfeitamente adaptados ao setor sucroalcooleiro.

A análise das principais atividades de AP, considerando-se apenas as empresas que adotam AP, demonstra um perfil semelhante no que se refere à importância relativa às atividades de AP (aquisição de software, aquisição de máquinas e equipamentos, e treinamento).

As usinas/destilarias, durante o processo de adoção da AP, utilizam uma série de fontes de informação, desde universidades e centros de pesquisa até outras empresas fornecedoras ou concorrentes. Com relação à importância relativa atribuída pelas usinas/destilarias a diferentes fontes de informação para adoção da AP, constatou-se que a maior parte das empresas, que adotam AP, considera os fornecedores das tecnologias de AP como sendo a fonte de informação mais importante para adoção da tecnologia (92% das usinas/destilarias consideram essa fonte de alta ou média importância). Esse resultado sugere que o processo de adoção da AP na indústria sucroalcooleira está mais associado a processos de aprendizado por uso (*learning-by-using*).

Outros dois itens que apresentaram percentagem relativamente alta foram as universidades e centros de pesquisa e as conferências, encontros e publicações especializadas.

A análise dos impactos da AP nas usinas/destilarias revela que parte significativa delas afirmou que a AP permitiu mudanças significativas no gerenciamento, aumentou a produtividade, reduziu custos e impactos ao meio ambiente e melhorou a qualidade da cana. Ou seja, mostraram que a AP traz resultados positivos para a indústria sucroalcooleira paulista.

No que diz respeito aos problemas e obstáculos à adoção da AP, tanto as usinas/destilarias que adotam AP como as que não adotam apontaram problemas de natureza econômica (elevados custos das tecnologias de AP e da prestação de serviço) e deficiências técnicas (falta de pessoal qualificado) como sendo os obstáculos mais relevantes. Esses obstáculos são importantes para as políticas públicas voltadas a incentivar essas empresas, uma vez que uma boa parcela das medidas governamentais visa, de uma forma ou de outra, superar tais obstáculos. Ora, se o obstáculo à adoção da AP é o custo muito alto, a política tecnológica adequada é o apoio ao crescimento das empresas e, em particular, a concessão de crédito e capital de risco acessível às empresas menores. O fomento do desenvolvimento do mercado de máquinas e equipamentos nacionais é um foco central de política.

No modelo econométrico estimado observou-se que a grande maioria das variáveis explicativas foram significativas e tiveram o sinal esperado, com exceção da variável área (AREA) e associação (AS). Os resultados mostraram que as variáveis: origem do capital (OC), grupo (GR), exportação (EX), gestão da empresa (GE) e capital próprio (CP) tiveram um impacto positivo e estatisticamente significativo sobre a probabilidade de a empresa adotar AP. Destes, o que teve maior impacto foi a origem do capital (OC), indicando que o fato de a empresa ser de capital nacional provoca aumento na probabilidade de adoção da AP de 61,45 pontos percentuais, em relação à empresa de capital estrangeiro. O coeficiente da variável binária para grupo (GR) também se mostrou bastante significativo, apresentando efeito marginal de 0,5329, ou seja, se a empresa faz parte de um grupo empresarial, a probabilidade de adoção da AP aumenta em 53,29 pontos percentuais, comparativamente à empresa independente.

O coeficiente da variável binária para exportação (EX) também se mostrou positivo e significativo, evidenciando que as empresas mais orientadas para o exterior via comércio internacional têm mais chances de adotar AP, o que estaria condizente com a visão de que a inserção da empresa no mercado internacional mais exigente, força a adoção de novas



tecnologias em direção a maior competitividade e qualidade. Os resultados mostraram ainda que a gestão da empresa (GE) foi positiva e significativa, revelando que o fato de a empresa possuir gestão profissional aumenta a probabilidade de a mesma adotar AP em quase 30 pontos percentuais, em relação às empresas de propriedade familiar. O mesmo aconteceu com o capital próprio (CP), que também se mostrou positivo, como esperado, indicando que à medida que aumenta a proporção de capital próprio, em relação às demais fontes de financiamento, a probabilidade de adoção da AP se eleva em 0,738 pontos percentuais.

O fato de o modelo não ter captado o efeito esperado da variável área (AREA), apesar de manter o sinal positivo, pode ser explicado pela área média das empresas da amostra, que têm escala suficiente para adoção de AP. Portanto, a área da empresa não interfere na probabilidade de a empresa adotar AP.

Outro resultado identificado neste trabalho é o sinal negativo da variável associação (AS), o qual não era esperado. O coeficiente negativo dessa variável remete à discussão sobre o papel fundamental dessas entidades enquanto meio para difundirem novas tecnologias e fortalecerem processos de aprendizado e capacitação voltados para as empresas da cadeia sucroalcooleira.

Em resumo, este trabalho mostrou que a adoção e uso da AP trazem resultados positivos para as usinas/destilarias, como por exemplo, a melhoria no gerenciamento da empresa, o aumento da produtividade, a redução dos custos, a minimização dos impactos ambientais e a melhoria da qualidade da cana. A análise econométrica indicou que a origem do capital foi o fator mais importante para adoção da AP. As usinas/destilarias que fazem parte de um grupo de empresas também tiveram grande impacto na adoção da tecnologia, sendo este o segundo maior efeito depois da origem do capital.

Espera-se que esses resultados possam subsidiar, notadamente, usinas/destilarias brasileiras, alertando-as para a importância de ferramentas na redução de custos e na minimização dos impactos ambientais, tornando, então mais competitiva a agroindústria brasileira. Inegável que há muito o que fazer em pesquisas nacionais no setor agroindustrial, especialmente, para a implementação da AP. Acredita-se que seja um dos caminhos para resultados positivos na agroindústria brasileira.

É indiscutível que a adoção e uso de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, destinadas a melhorar a produtividade e rentabilidade do solo, um fator cada vez mais valorizado,

tornar-se-á ferramenta indispensável nos próximos anos nas empresas agroindustriais brasileiras. À medida que a AP começa a ser adotada em larga escala, as análises sobre o seu processo de adoção e uso passam a se constituir informação relevante para a formulação de políticas públicas direcionadas a estimular e apoiar o uso dessa tecnologia.

Quanto às ferramentas de políticas públicas para ampliar a difusão da AP, a diminuição das taxas de juros e o melhor acesso ao crédito são as principais formas de alcançar esse objetivo. Porém, a dificuldade de acesso ao crédito, conforme visto neste trabalho, é considerada pelas próprias empresas do setor sucroalcooleiro como sendo importante obstáculo à adoção da AP. Isso parece indicar a percepção dessas empresas sobre a necessidade da disponibilidade de recursos financeiros a baixo custo para o incentivo do processo de adoção da AP no país.

Deve-se adicionar que a atual crise financeira internacional agravará ainda mais a escassez de mecanismos de financiamento, contribuindo para a redução nos investimentos feitos pelas empresas. Além disso, o elevado risco associado aos projetos de adoção de novas tecnologias, aliado aos impactos positivos das atividades inovativas, mais do que justifica a formulação de políticas públicas nessa área. Entretanto, não basta apenas ter disponíveis linhas de financiamento. É preciso que essas linhas tenham um custo baixo, para compensar o elevado risco dessas atividades.

Por fim, não se pode deixar de ressaltar que a pesquisa em questão refere-se à indústria sucroalcooleira paulista. Entretanto, é fundamental que sejam realizados outros levantamentos, em outros Estados onde a tecnologia é adotada. Só assim, será possível obter resultados mais efetivos, ainda que não levem a conclusões e a generalizações. Nesse sentido, espera-se que este trabalho possa servir de material instigador para a realização de estudos mais abrangentes voltados para a compreensão do processo de adoção e uso da AP no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Missão e visão**. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/>>. Acesso em: 24 mar. 2008.

ANUÁRIO. **Análise energia**: quem é quem no setor energético brasileiro. São Paulo: Análise Editorial, 2008. 330 p.

ARAÚJO, R.D. Esforços tecnológicos das firmas transnacionais e domésticas. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 4, p. 119-170.

ARBACHE, J.S. Inovações tecnológicas e exportações afetam o tamanho e a produtividade das firmas manufatureiras? Evidências para o Brasil. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 12, p. 477-510.

ARBIX, G.; SALERNO, M.S.; DE NEGRI, J.A. Internacionalização gera emprego de qualidade e melhora a competitividade das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 5, p. 171-192.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2008. 184 p. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario2008/indice.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2008.

BAIO, F.H.R. Aplicação de A. P. no plantio. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2006. cap. 4, p. 92-101.

BALASTREIRE, L.A.; ELIAS, A.I.; AMARAL, J.R. **Agricultura de precisão**: mapeamento da produtividade da cultura do milho. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, p. 97-111, 1997.

BALASTREIRE, L.A. Potencial do uso da agricultura de precisão no Brasil. In: ENCONTRO PAULISTA DE SOJA, 2., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, Departamento de Comunicação e Treinamento – DCT, 2000. v. 1, p. 167-177.

BATTE, M.T.; ARNHOLT, M.W. Farmer evaluation of precision farming technologies. **Journal of the ASFMRA**, Denver, v. 65, n. 1, p. 78-89, 2002. Disponível em: <[http://www.asfmra.org/cms/pdf/journal/batte78\\_89.pdf](http://www.asfmra.org/cms/pdf/journal/batte78_89.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2008.

BRASIL. Lei n.10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2008.

CANA-DE-AÇÚCAR é carro-chefe da produção agropecuária do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7B5DE54271-1571-42FF-ABEA-386E1614B150%7D>>. Acesso em: 28 nov. 2008.

CASSIOLATO, J.E.; BRITTO, J.N.; VARGAS, M.A. Arranjos cooperativos e inovação na indústria. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 13, p. 511-576.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: safra 2007/2008, terceiro levantamento, novembro/2007**. Brasília: CONAB, 2007. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3\\_levantamento0708\\_nov2007.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3_levantamento0708_nov2007.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2008.

COSAN. **O Brasil no mercado mundial**. Disponível em: <[http://www.cosan.com.br/mercado\\_brasil.aspx](http://www.cosan.com.br/mercado_brasil.aspx)>. Acesso em: 19 maio 2008a.

\_\_\_\_\_. **Produtos: combustíveis**. Disponível em: <[http://www.cosan.com.br/produtos\\_combustiveis.aspx](http://www.cosan.com.br/produtos_combustiveis.aspx)>. Acesso em: 20 maio 2008b.

D'AMORIM, S.; LAGE, J.; MACHADO, R. Desoneração da indústria atinge R\$ 21 bi. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 13 maio 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1305200802.htm>>. Acesso em: 13 maio 2008.

DE NEGRI, F. Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 3, p. 75-118.

DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S.; CASTRO, A.B. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 1, p. 5-46.

ENGLISH, B.C.; ROBERTS, R.K.; LARSON, J.A. **A logit analysis of precision farming technology adoption in Tennessee**. Knoxville: The University of Tennessee Agricultural Experiment Station, Department of Agricultural Economics, 2000, p. 1-22. (Staff Paper 00-01, 2000). Disponível em: <<http://economics.ag.utk.edu/pubs/farm/logit.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2008.

FREDO, C.E.; VICENTE, M.C.M.; BAPTISTELLA, C.S.L.; VEIGA, J.E.R. Índice de mecanização em SP. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 16-17, mar. 2008.

GREENE, W. **Econometric analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 1026 p.

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812 p.

HASENCLEVER, L.; FERREIRA, P.M. Estrutura de mercado e inovação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. cap. 7, p. 129-147.

HASENCLEVER, L.; TIGRE, P. Estratégias de inovação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. cap. 18, p. 431-447.

HAYAMI, J.; RUTTAN, V.W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Tradução de M.V. von Bulow e J.S.W. von Bulow. Brasília: EMBRAPA, 1988. 583 p.

HOFFMANN, R. **Variável dependente binária: lógite e próbite**. 2. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 2002. 27 p. (Série didática, 1262).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de inovação tecnológica 2005**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2005/default.shtm>>. Acesso em: 25 mar. 2008.

\_\_\_\_\_. **Comentário**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfagro\\_nova/agrocomede2007.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfagro_nova/agrocomede2007.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2008.

KOELLER, P.; BAESSA, A.R. Inovação tecnológica na indústria brasileira. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 14, p. 577-598.

KUPFER, D.; ROCHA, F. Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 7, p. 253-298.

LUNDEVALL, B.A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter Publishers, 1992. 342 p.

MACEDO, I.C. Competitividade da agro-indústria brasileira da cana-de-açúcar. In: \_\_\_\_\_. **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar e a sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis & Vertecchia / UNICA, 2007. cap. 11, p. 191-198.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, J.C. Análise econômica da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2006. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. 1 CD ROM.

MCBRIDE, W.D.; DABERKOW, S.G. Information and the adoption of precision farming technologies. **Journal of Agribusiness**, Athens, v. 21, n. 1, p. 21-38, 2003. Disponível em: <<http://www.agecon.uga.edu/~jab/Library/S03-02.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2008.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: J.P. MOLIN, 2001. 83 p.

\_\_\_\_\_. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2004a. p. 1-10.

\_\_\_\_\_. Agricultura de precisão e seus poucos anos de história. **Campo Aberto**, Porto, v. 17, n. 77, p. 12-15, maio 2004b.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982. 437 p.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Manual de Oslo**: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Rio de Janeiro, 1997. 136 p. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/imprensa/sala\\_imprensa/manual\\_de\\_oslo.pdf](http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2008.

ORPLANA assina Protocolo Ambiental. **Jornal Orplana**, Piracicaba, v. 14, n. 158. p. 1-8, abr. 2008.

PACHECO, C.A.; RODRIGUES, D.A.; PEDRO, E.; ZUCOLOTO, G.F.; GONCALVES, J.E.P.; TELLES, L.O.; BRITO, M.G.M.; ZANATTA, M.N.; TERRA, R.; SEMEGHINI, U.S.; VARRICHIO, P.C.; VIEIRA, C.R.B. **Agenda de competitividade para a economia paulista**. São Paulo: IPT, 2007. 127 p.

PINO, F.A. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 43-57, jan./jun. 2007.

PIRES, J.L.F.; CUNHA, G.R. da; PASINATO, A.; FRANÇA, S.; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão**: aspectos gerais, dez. 2004. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_dp42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_dp42.htm)>. Acesso em: 1 out. 2007.

PLONSKI, G.A. Inovar é legal. **Inova**, São Paulo, v. 13, n. 48, p. 1-3, out./dez. 2006. Disponível em: <[http://www.fundacaofia.com.br/pgtusp/publicacoes/inova\\_pdf/inova48.pdf](http://www.fundacaofia.com.br/pgtusp/publicacoes/inova_pdf/inova48.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2008.

POSSAS, M.L. Concorrência schumpeteriana. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial**: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. cap. 17, p. 415-429.

PROCHNIK, V.; ARAÚJO, R.D. Uma análise do baixo grau de inovação na indústria brasileira a partir do estudo das firmas menos inovadoras. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 6, p. 193-252.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 169 p. (Os economistas).

\_\_\_\_\_. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Tradução de S.G. de Paula. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. 534 p.

SEVIER, B.J.; LEE, W.S. Precision agriculture in citrus: a probit model analysis for technology adoption. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE / CANADIAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING - CSAE, 2004, Ontario. **Proceedings...** Ontario: ASAE/CSAE, 2004. p. 1-13.

SILVA, C.B. **Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão**: um estudo de caso. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SWINTON, S.M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n. 4, p. 439-446, 1998.

TECNOLOGIAS portadoras de futuro. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 27, n. 5, p. E20, maio 2007.

TEIXEIRA, W.S. **Prospecção para safra 2008/2009**: cana-de-açúcar. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/prospeccao\\_2007\\_08\\_cana\\_de\\_acucar.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/prospeccao_2007_08_cana_de_acucar.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2008.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **Açúcar e álcool**: tecnologia sucroalcooleira. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/multimedia/videocast/default.asp?mmdCode=E35AB87C-880A-4ACB-84D4-436BCE2F29BF>>. Acesso em: 20 maio 2008a.

\_\_\_\_\_. **Setor sucroalcooleiro**: histórico. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/content/show.asp?cntCode=9E97665F-3A81-46F2-BF69-26E00C323988>>. Acesso em: 20 maio 2008b.

\_\_\_\_\_. **Origem da atividade**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=memoria&SubSecao=cana-de-acucar>>. Acesso em: 19 maio 2008c.

\_\_\_\_\_. **UNICA**: dados e cotações: estatísticas. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 30 out. 2008d.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **Usinas/destilarias**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/>>. Acesso em: 9 jun. 2008.

VIOTTI, E.B.; BAESSA, A.R.; KOELLER, P. Perfil da inovação na indústria brasileira: uma comparação internacional. In: DE NEGRI, J.A.; SALERNO, M.S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005. cap. 16, p. 653-688.

**ANEXO**



## ANEXO – Questionário da pesquisa



### Questionário da Pesquisa de Adoção e Uso da Agricultura de Precisão

**PROPÓSITO DA PESQUISA** - As informações fornecidas por sua empresa são essenciais para o conhecimento do processo de adoção das tecnologias de Agricultura de Precisão (AP). Os resultados da pesquisa poderão ser usados pelas empresas interessadas na adoção das tecnologias de AP e pelo governo para o desenvolvimento de políticas regionais e nacionais.

**SIGILO DAS INFORMAÇÕES** - A pesquisadora garante o caráter confidencial atribuído aos dados coletados, os quais se destinam, exclusivamente, a fins científicos.

A ESALQ AGRADECE SUA COLABORAÇÃO

#### Identificação da empresa

01 - Nome da empresa:

02 - Município:

#### Características da empresa

03 - Origem do capital controlador da empresa:  Nacional  Estrangeiro  Nacional e Estrangeiro

04 - Sua empresa é:  Independente  Parte de um grupo

05 - Gestão da empresa:  Familiar  Profissional

06 - Qual o total de cana moída (em toneladas) na safra 2007/2008?

07 - Qual é a área total (própria e arrendada) explorada com a cana, em hectares?

08 - Qual é o número de pessoas ocupadas nas atividades agrícolas da usina?

#### Fontes de financiamento

9 - Distribua percentualmente o valor dos dispêndios de acordo com as fontes de financiamento utilizadas.

Próprias .....  %

De terceiros: Privados .....  %

Público (FINEP, BNDES, SEBRAE, B.B, etc.) .....  %

Total ..... 100%

10 - Sua empresa exporta?  Sim  Não

11 - Participa de alguma associação (cooperação com outras empresas/instituições)?  Sim  Não

Se a resposta for Sim, qual?

CTC  UNICA  GERHAI  Outras (favor descrever):

#### Uso das tecnologias de Agricultura de Precisão (AP)

12 - Utiliza tecnologias de AP na cultura da cana?  Sim  Não

#### ATENÇÃO!

Se a resposta for Não, passe para o bloco "Problemas e obstáculos à adoção", questão 21.

Se a resposta for Sim, qual(ais) tecnologia(s) de AP utilizada(s)? E em qual(ais) operação(ões)?

Tecnologias de AP	Operações		
	Colheita	Plantio	Tratos Culturais
Amostragem de solo em grade (com GPS) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monitor de colheita e mapeamento .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tecnologia de aplicação de insumos em taxa variada .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicação de calcário em taxa variada .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicação de fósforo em taxa variada .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicação de gesso em taxa variada .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicação de potássio em taxa variada .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de direcionamento via satélite (barra de luz).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Piloto automático .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fotografias aéreas .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Imagens de satélite .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensor de plantas daninhas e sensor de doenças .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mapeamento da condutividade elétrica do solo .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irrigação de precisão .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outras (favor descrever):	<input type="text"/>		

13 - Há quantos anos vêm sendo utilizadas as tecnologias de AP na usina (listadas acima)?

14 - Nos próximos cinco anos, a usina pretende:

- Expandir o uso das tecnologias de AP
- Manter o uso das tecnologias de AP
- Diminuir o uso das tecnologias de AP

15 - A usina contrata, integral ou parcialmente, serviços de AP (maquinários, equipamentos, mão-de-obra especializada, etc.) prestados por terceiros?

Sim  Não

Se a resposta for Sim, qual?

#### Atividades inovativas

##### Aquisição de software

Aquisição de software (de processamento e transmissão de dados, para automatização de processos, etc.) especificamente comprados para a implementação da AP.

16 - Qual a importância da aquisição de software realizada nos últimos cinco anos?

Alta  Média  Baixa  Não adquiriu

Qual a estimativa dos dispêndios com software em 2007?

##### Aquisição de máquinas e equipamentos

Aquisição de máquinas, equipamentos, hardware, especificamente comprados para a implementação da AP.

17 - Qual a importância da aquisição de máquinas, equipamentos e computadores realizada nos últimos cinco anos?

Alta  Média  Baixa  Não adquiriu

Qual a estimativa dos dispêndios com máquinas, equipamentos e computadores em 2007?

Especifique as máquinas e equipamentos adquiridos para a implementação da AP:

##### Treinamento

Treinamento relacionado às práticas de AP, podendo incluir aquisição de serviços técnicos especializados externos.

18 - Qual a importância do treinamento realizado nos últimos cinco anos?

Alta  Média  Baixa  Não adquiriu

Qual a estimativa dos dispêndios com treinamento em 2007?

#### Impactos da AP

19 - Indique a importância dos impactos das práticas da AP na usina.

Impactos	Importância			
	Alta	Média	Baixa	Não relevante
Mudanças significativas no gerenciamento .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorou a qualidade da cana .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permitiu aumentar a produtividade .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os custos de produção .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ampliou a participação da empresa no mercado .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enquadramento em regulamentações e normas padrão relativas ao:				
Mercado interno .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercado externo .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros (favor descrever):				

#### Fontes de informação

20 - Indique a importância atribuída a cada categoria de fonte de informação empregada, para a adoção das tecnologias de AP.

Fontes	Importância			
	Alta	Média	Baixa	Não relevante
<b>Fontes internas à empresa</b>				
Departamento de P&D .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Fontes externas à empresa</b>				
Outra empresa do grupo .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fornecedores de máquinas, equipamentos, componentes ou softwares .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concorrentes .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Empresas de consultoria e consultores independentes .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Outras fontes de informação</b>				
Universidades e institutos de pesquisa .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conferências, encontros e publicações especializadas .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Feiras e exposições .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Problemas e obstáculos à adoção

21 - Indique a importância dos problemas e obstáculos relacionados à AP.

Problemas	Importância			
	Alta	Média	Baixa	Não relevante
Elevados custos das tecnologias de AP .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escassez de fontes apropriadas de financiamento .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de pessoal qualificado .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de informação sobre a tecnologia de AP .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escassez de serviços técnicos externos adequados .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elevados custos da prestação de serviço .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros (favor descrever):				