

CÓDIGO DE LA COMUNICACIÓN: 216

TÍTULO COMPLETO:

Um Estudo Exploratório sobre Fatores Determinantes da Adoção da Colheita Mecanizada da Cana-De-Açúcar no Brasil

EJE TEMÁTICO: 11. GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

AUTORES:

APELLIDO, NOMBRE: GONÇALVES NETO, Cesar
INSTITUCIÓN: COPPEAD/UFRJ
EMAIL: cesar@coppead.ufrj.br
PAÍS: BRASIL

APELLIDO, NOMBRE: SAAVEDRA, Rafael M
INSTITUCIÓN: COPPEAD/UFRJ
EMAIL: rmsaavedra@gmail.com
PAÍS: BRASIL

APELLIDO, NOMBRE: FIGUEIREDO, Otavio
INSTITUCIÓN: COPPEAD/UFRJ
EMAIL: otavio@coppead.ufrj.br
PAÍS: BRASIL

5. RESUMEN

A crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas está intimamente ligada ao consumo excessivo de combustíveis fósseis. Nesse cenário, o etanol brasileiro, produzido a partir da cana-de-açúcar, se destaca pela eficiência energética e de custos atingida pelas empresas do setor. A capacidade produtiva nacional, passível ainda de grandes expansões, depende do desenvolvimento do mercado consumidor internacional para sua evolução, o qual cada vez mais exige o atendimento de padrões produtivos sustentáveis. A colheita manual da cana, que envolve ainda a queima prévia do canavial e é adotada em aproximadamente 75% da produção nacional, é uma das práticas mais criticadas do setor pelo seu impacto social e ambiental.

Esse estudo de natureza exploratória tem o objetivo de identificar as características das empresas adotantes da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar no Brasil. Para esse fim, foi conduzido levantamento de dados com gerentes de usinas produtoras de açúcar e álcool através de questionário (survey) de preenchimento individual. Os dados foram analisados de forma quantitativa, utilizando-se métodos não-paramétricos como o teste qui-quadrado e a regressão logística (LOGIT). Foi possível verificar a relação positiva de quatro fatores principais, com a adoção da mecanização da colheita: (i) o tamanho da unidade; (ii) a percepção de domínio do conhecimento técnico; (iii) a percepção

de adequação das ferramentas de controle gerencial; e (iv) a importância atribuída a acidentes ambientais ocorridos na região (percepção de gravidade do acidente e do impacto para a unidade).

CONCLUSÃO: Os resultados conduziram à conclusão de que tais fatores parecem afetar diretamente a percepção de risco associado à nova tecnologia, sendo, portanto bastante relevante levá-los em consideração em iniciativas de estímulo à difusão da colheita mecanizada.

6. TRABAJO COMPLETO

Um Estudo Exploratório sobre Fatores Determinantes da Adoção da Colheita Mecanizada da Cana-De-Açúcar no Brasil

RESUMO

A crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas está intimamente ligada ao consumo excessivo de combustíveis fósseis. Nesse cenário, o etanol brasileiro, produzido a partir da cana-de-açúcar, se destaca pela eficiência energética e de custos atingida pelas empresas do setor. A capacidade produtiva nacional, passível ainda de grande expansão, depende do desenvolvimento do mercado consumidor internacional para sua evolução, o qual cada vez mais exige o atendimento de padrões produtivos sustentáveis. A colheita manual da cana, que envolve ainda a queima prévia do canavial e é adotada em aproximadamente 75% da produção nacional, é uma das práticas mais criticadas do setor pelo seu impacto social e ambiental.

Esse estudo de natureza exploratória tem o objetivo de identificar as características das empresas adotantes da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar no Brasil. Para esse fim, foi conduzido levantamento de dados com gerentes de usinas produtoras de açúcar e álcool através de questionário (survey) de preenchimento individual. Os dados foram analisados de forma quantitativa, utilizando-se métodos não-paramétricos como o teste qui-quadrado e a regressão logística (LOGIT). Foi possível verificar a relação positiva de quatro fatores principais, com a adoção da mecanização da colheita: (i) o tamanho da unidade; (ii) a percepção de domínio do conhecimento técnico; (iii) a percepção de adequação das ferramentas de controle gerencial; e (iv) a nota atribuída a acidentes ambientais ocorridos na região, atenuados pela percepção de gravidade do acidente e do impacto para a unidade. Os resultados conduziram à conclusão de que tais fatores podem afetar diretamente a percepção de risco associado à nova tecnologia, sendo relevantes para iniciativas de estímulo à difusão da colheita mecanizada.

1. Introdução

1.1 Motivação

Há um crescente interesse mundial na substituição dos combustíveis de origem fóssil como fontes de energia, por fontes renováveis, como os biocombustíveis, produzidos a partir de insumos agrícolas. O setor sucroalcooleiro brasileiro torna-se então um importante campo de estudo, uma vez que o etanol brasileiro é tido como uma referência internacional nessa área.

O setor sucroalcooleiro brasileiro, logo após uma fase de crescimento intenso pela multiplicação dos veículos flex-fuel (movidos a álcool e a gasolina) na frota brasileira a partir de 2002 (ANFAVEA, 2008), se volta para a exportação do etanol e da tecnologia de produção para outros países. Neste novo cenário, as usinas produtoras de açúcar e álcool estão cada vez mais expostas ao escrutínio da sociedade mundial, que vem exercendo o seu papel de consumidor e de investidor, estudando o setor de forma cuidadosa. Em todas essas esferas, uma preocupação comum se mantém: o desenvolvimento do setor deve ocorrer de forma sustentável.

Macedo (2005) mostra uma série de estudos sobre o setor sucroalcooleiro e sua sustentabilidade. Dentre as práticas comuns no setor, o corte manual da cana se destaca pelo alto impacto socioambiental e pelas críticas da sociedade como um todo. Não obstante, ele se mostra ainda presente em aproximadamente 75% da capacidade produtiva do setor (Bressan Filho e Teixeira, 2008). O corte manual da cana-de-açúcar é uma prática centenária que envolve, necessariamente, a queima prévia do canavial para a eliminação da palha. Além disso, ele demanda, durante um período curto de tempo, uma quantidade grande de trabalhadores rurais, tipicamente de baixa qualificação, os chamados bóias-frias. O corte manual da cana é uma atividade de grande desgaste físico devido às altas temperaturas e à intensidade das jornadas, estimulado por programas de remuneração por produtividade.

No que diz respeito à adoção de inovações, Neill e Lee (2001) destacam que a maioria dos estudos sobre tecnologia para a sustentabilidade agrícola tem focado em pequenos produtores, em sistemas de baixa utilização de recursos. Aparentemente, pouco se sabe sobre escolha de tecnologia por grupos produtivos corporativos, com maior acesso aos recursos produtivos e providos de equipe gerencial, a saber, as usinas brasileiras produtoras de açúcar e álcool. Nesse sentido, seria importante explorar e verificar a possível influência de fatores internos e externos às empresas sobre a adoção da tecnologia de mecanização da colheita.

1.2 Objetivos

O presente trabalho irá procurar explorar o processo de escolha de tecnologia nas usinas brasileiras produtoras de açúcar e álcool. O objetivo geral é o de explorar as características das empresas adotantes da tecnologia de mecanização da colheita no setor sucroalcooleiro brasileiro, visando apoiar o desenvolvimento de ações que estimulem a difusão dessa tecnologia. Em termos específicos, identificar fatores determinantes da adoção da tecnologia de mecanização da colheita de cana-de-açúcar, entre usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil.

1.3 Contexto do estudo: o setor sucroalcooleiro brasileiro

A atividade sucroalcooleira brasileira está baseada no uso intensivo da cana-de-açúcar como seu insumo principal. As empresas do setor se distribuem em três atividades principais: o cultivo da cana de açúcar, o processamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar ou álcool, e a comercialização dos produtos finais. Sua cadeia produtiva utiliza intensamente recursos naturais. A produtividade no cultivo é de 85 toneladas de cana por hectare. A produtividade de processamento é de 138 kg de açúcar e de 82 litros de álcool por tonelada de cana de açúcar (MAPA/SPAEE, 2007)

A produção do setor na safra 2006/2007 foi de cerca de 458 milhões de cana processada, representando cerca de 31 milhões de toneladas de açúcar e 18 milhões de m³ de álcool. Segundo o Ministério da Agricultura, esses números confirmam o Brasil como maior produtor de açúcar e segundo maior produtor de álcool no mundo. O Anuário da Cana-de-Açúcar 2006 (BELING et al., 2006) destaca a geração de aproximadamente 1 milhão de empregos diretos pelo setor.

O setor sucroalcooleiro é extremamente pulverizado entre grandes grupos e pequenos produtores independentes, tanto no cultivo da cana como nas usinas de processamento. As usinas estão espalhadas entre as regiões Centro-Sul (77% do total de usinas) e Norte-Nordeste (23%), sendo o estado de São Paulo responsável por cerca de 45% do total de usinas (Bressan Filho &Teixeira, 2008).

As duas pontas da cadeia produtiva típica do setor – as atividades de cultivo de cana e de comercialização dos produtos finais (açúcar e álcool) – são dominadas pela atuação de cooperativas, que garantem ganhos de escala para seus cooperados.

1.4 O processo de colheita da cana-de-açúcar

A cana pode ser colhida utilizando-se o corte manual ou mecânico. No caso do corte manual, ela normalmente é queimada antes da sua colheita, como uma forma de eliminar a palha, a qual dificulta as atividades de corte, e também para afugentar animais que residem nos canaviais, como cobras, insetos e lagartos (Macedo, 2005). A colheita manual é apontada como uma atividade extremamente desgastante do ponto de vista físico (Scopinho et al. 1999). A cana crua, por outro lado, oferece maior resistência ao trabalho manual, devido à presença da palha que também proporciona o risco de acidentes devido às suas extremidades cortantes, fazendo com que a atividade seja pouco produtiva. Segundo Braunbeck et al. (1999) a produtividade média de cada colhedor de cana varia entre 4 e 7 toneladas diárias. Sem a queima prévia da cana esse número cai ainda mais. Segundo a avaliação dos impactos socioeconômicos publicada pelo CGEE (2005), produzir R\$ 100.000 de cana-de-açúcar requer seis trabalhadores no modo manual ou apenas um, se a colheita for mecanizada.

Os colhedores de cana são, em sua maioria, pessoas contratadas de forma temporária, que em alguns casos atravessam o país para trabalhar na colheita em outras regiões. Esse movimento migratório é um foco de problemas para as

empresas que, além de incorrerem nos custos de contratação, alojamento e mesmo transporte da mão-de-obra, são responsabilizadas pelas conseqüências do deslocamento dessa força de trabalho (Campbell, 2005; Rodrigues e Abi Saab, 2007).

A queima da cana possui ainda outros pontos negativos como o risco de incêndio por descontrole das queimadas, a degradação das propriedades do solo, a perda da qualidade da sacarose e a poluição do ar nas comunidades vizinhas (Macedo, 2005).

A mecanização se apresenta como uma maneira de viabilizar a colheita da cana crua. Ela oferece maior produtividade e melhor qualidade da matéria-prima do que a colheita manual, além de reduzir os custos (Scopinho et al., 1999). Essa técnica depende, porém, de certas condições para que se torne viável, como a baixa declividade do solo (abaixo de 12%) e a adoção de certas práticas agrícolas (Ramão et al., 2007; Salati, 2007). A principal técnica de mecanização da colheita adotada no Brasil deriva da técnica australiana, que colhe e pica a cana para o seu transporte. Para uma descrição detalhada das principais características dos três tipos de colheita adotados no país, ver Braunbeck et al. (1999)

2. Determinantes da adoção de inovações

Diferentes autores têm examinado o processo de escolha de tecnologia, em diferentes áreas, indo desde a área industrial (e.g. Wells Jr. 1988) até a área agrícola (e.g. Sunding&Zilberman, 2000), sem esquecer dos estudos de Rogers (1983) sobre o consumidor individual. Não só o foco dos estudos é variado, mas também inúmeros são os fatores determinantes das escolhas. Damanpour e Schneider (2006) sugeriram que os fatores poderiam ser divididos em três diferentes níveis: o gerente, a organização e o ambiente externo. Apresentamos a seguir uma discussão dos diversos fatores em cada um dos níveis propostos.

2.1 Dimensão do gerente agrícola

A tecnologia de mecanização da colheita tem grande potencial para diversos benefícios. No entanto, para que tais benefícios sejam captados pela empresa, ela precisa não apenas realizar o aporte de capital para a aquisição dos equipamentos necessários, mas também passar por uma série de adaptações nos seus processos produtivos e gerenciais. Todo esse esforço dedicado à nova tecnologia demanda o engajamento da empresa com objetivos e estratégias de longo prazo. Dessa forma, como proposto por Feder, Just e Zilberman (1985) e verificado pelos estudos de Neil e Lee (2001) e de Arellanes e Lee (2003), espera-se que a existência de gerente agrícola com participação acionária aumente a probabilidade de adoção da mecanização da colheita pela empresa.

Diante da necessidade de tantas adequações na atuação da unidade produtora, torna-se importante que haja uma atitude positiva quanto a mudanças por parte do gerente agrícola. Como sugerido por vários autores, (por exemplo: Rogers, 1983; D'Souza et al., 1993; Monte e Teixeira, 2006) essa atitude é uma postura mais esperada em profissionais (i) mais jovens, que estariam menos sujeitos a

vícios e práticas historicamente adotadas no mercado; e (ii) com educação formal mais ampla, que teriam mais acesso a diferentes fontes de conhecimento além de possuírem uma maior capacidade de avaliação e percepção dos benefícios inerentes à tecnologia.

2.2 Dimensão da organização

A mecanização da colheita envolve necessariamente o uso de equipamentos não utilizados anteriormente pela unidade agrícola que pratica a colheita manual. Esse passo pressupõe a capacitação da equipe responsável pela operação dessas máquinas, além de uma série de regras e procedimentos que devem ser seguidos com muita atenção, sob pena de acidentes de trabalho (Scopinho et al., 1999). É interessante, portanto, que o corpo de funcionários em nível operacional possua um nível de formação razoável para que estejam aptos a utilizar os novos equipamentos. Alguns autores chamam de competência operacional essa predisposição da equipe, que pode ser medida pela proporção de colaboradores com um determinado nível de formação dentro do quadro de funcionários (Damanpour, 1991; Neil e Lee, 2001). No caso do setor sucroalcooleiro, espera-se que uma maior proporção de funcionários com formação de nível técnico ou superior na equipe operacional da empresa esteja associada a uma maior probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

Um fator complementar a esse aspecto é a habilidade ou o hábito da empresa em realizar treinamentos, o que estaria ligado à abertura da equipe operacional ao processo de aprendizagem para a incorporação das novas práticas. Essa receptividade à troca de conhecimento com fontes externas pode ser medida pelo histórico de treinamentos (Monte e Teixeira, 2006) e pelo contato com profissionais externos à empresa (Souza Filho et al., 1999). É esperado, portanto, que um maior número de horas de treinamento e uma maior quantidade de visitas técnicas facilitem processos de capacitação futuros e conseqüentemente, favoreçam a adoção de novas tecnologias.

A compra dos equipamentos, a capacitação dos funcionários, a adaptação de processos e mecanismos de controle, são iniciativas envolvem o aporte de capital. Portanto, uma característica dos projetos com grandes investimentos iniciais é a busca de ganhos de escala durante a sua operação para a viabilização do projeto e redução do período de *pay-back* do empreendimento. No caso da colheita da cana-de-açúcar, esse ganho de escala se traduz na capacidade produtiva, que está diretamente relacionada ao tamanho da unidade agrícola (Feder, Just e Zilberman, 1985; CGEE, 2005). Aquelas de maior porte devem, portanto, apresentar uma maior propensão à adoção dessa tecnologia pelo maior potencial de retorno com a atividade, o que tornaria o investimento mais atrativo. Por outro lado, para a mobilização de grandes quantias é necessário que haja disponibilidade em caixa ou que se tenha outra forma de obtê-las. Feder, Just e Zilberman (1985) propõem que o acesso a linhas de crédito seja fator determinante para a adoção de tecnologias mais intensivas em capital. Souza Filho et al. (1999) sugerem que esse fator é mais importante para pequenos produtores, o que não foi verificado no estudo de Monte e Teixeira (2006). As usinas do setor sucroalcooleiro são, em geral, empresas de porte médio a grande, com processamento médio de aproximadamente 1,3 milhão de toneladas de cana

e movimentando em média cerca de R\$ 120 milhões ao ano (CGEE, 2005; Bressan Filho & Teixeira, 2008; Pró-Cana, 2008), o que as diferencia das pequenas unidades agrícolas familiares comuns em outras culturas. A ampla extensão de terras necessária à viabilidade de um empreendimento como este, faz com que os investimentos em técnicas agrícolas adquiram também grandes proporções. Como essas empresas só passaram a ter ações negociadas em bolsa a partir de 2005, o uso de crédito agrícola se torna uma constante, quase uma condição necessária para o investimento em melhorias e o desenvolvimento da capacidade produtiva. Diante da instabilidade de resultados obtidos em outros estudos e de tais características do mercado, espera-se que o efeito, possivelmente positivo do acesso a linhas de crédito, mostre-se não significativo na influência sobre a propensão à adoção da mecanização da colheita da cana-de-açúcar.

Ao mesmo tempo, alguns autores defendem que a maior utilização de capital próprio – decorrente da operação da empresa – no investimento em melhorias da infra-estrutura e processos da organização, proporciona uma maior autonomia e uma redução do risco percebido nos investimentos, por exemplo, por não haver a necessidade de caixa disponível para pagamento de dívidas (D'Souza et al., 1993; Frambach e Schillewaert, 2002). Monte e Teixeira (2006) encontraram correlação positiva entre a maior proporção do uso do capital próprio em investimentos na unidade agrícola e a adoção da tecnologia de despulpamento na cafeicultura familiar do estado do Espírito Santo, Brasil. O cenário diferenciado do setor sucroalcooleiro, porém, nos leva a outra expectativa. Tanto a estrutura das unidades agrícolas, mais industrializadas do que aquelas da cultura de café, como o porte dos investimentos necessários à mecanização da colheita, sugerem a existência de estruturas organizacionais mais complexas, e de comportamento possivelmente divergente no que se refere à percepção de risco em atividades com maior alavancagem financeira. A prática de acesso a crédito, comum nesse setor, e a baixa participação dessas empresas no mercado de capitais podem, na verdade, minimizar a participação do capital próprio nos investimentos realizados na unidade produtiva. Assim, é esperado que o efeito da maior participação de capital próprio nesses investimentos, sobre a adoção de novas tecnologias, não seja estatisticamente significativo.

A percepção de risco está também ligada à quantidade e à complexidade das adequações necessárias à empresa para a adoção da nova tecnologia (Frambach e Schillewaert, 2002). Como citado anteriormente, no caso da mecanização da colheita, essas adaptações podem ser significativas, como é o caso das técnicas de plantio, que chegam a demandar mais de um ano (o período de uma safra) para que se possa verificar o avanço naquele aspecto.

Alguns aspectos podem ser apontados como os principais requisitos à adoção da mecanização da colheita: (i) a utilização de técnicas de plantio corretas; (ii) o domínio do conhecimento técnico; (iii) a implantação de ferramentas de controle gerencial; e (iv) o volume de produção (Braunbeck et al., 1999; Veiga Filho, 1999; CGEE, 2005; Salati, 2007). Espera-se, portanto, que uma empresa que se perceba mais adaptada, dentro desses aspectos, deve ter maior probabilidade de adoção da mecanização devido à conseqüente redução no risco percebido.

2.3 Dimensão do ambiente externo

Como visto anteriormente, a colheita da cana-de-açúcar, quando realizada manualmente, demanda uma quantidade grande de pessoas alocadas no processo. Alguns estudos (por exemplo, Rodrigues e Ortiz, 2006) afirmam que cada colhedeira pode chegar a substituir até 100 trabalhadores no corte da cana. Assim, é natural que as empresas com menor disponibilidade de mão-de-obra na sua região tenham maior propensão à adoção da mecanização da colheita, uma vez que a tecnologia permitirá uma menor dependência desse recurso escasso e oneroso sob os aspectos financeiro e social.

Autores como Souza Filho et al. (1999) e Arellanes e Lee (2003), verificaram a importância de condições climáticas e ambientais favoráveis para a adoção de novas tecnologias agrícolas. No caso da cultura da cana-de-açúcar mecanizada, três aspectos principais podem afetar a produtividade agrícola: (i) a qualidade do solo, principalmente no que tange à quantidade de nutrientes e à sua taxa de compactação; (ii) a qualidade do clima, já que o regime de chuvas e as taxas de umidade influem diretamente no amadurecimento da cana; e (iii) a declividade do relevo, que pode demandar medidas de prevenção contra a erosão além de dificultar, ou mesmo impedir, a circulação das colhedeiças (Veiga Filho, 1999; CGEE, 2005; Salati, 2007). É esperado que as unidades agrícolas que percebam suas características climáticas e ambientais como mais favoráveis tenham uma maior propensão à adoção da colheita mecanizada, pela redução do risco percebido no que tange à expectativa de retorno produtivo.

No setor sucroalcooleiro, é notável o papel das instituições setoriais para a disseminação das melhores práticas entre as empresas, promovendo a transparência, a profissionalização e o desenvolvimento do setor. O efeito desse tipo de associação foi verificado por autores como Monte e Teixeira (2006) e Damanpour e Schneider (2006), como um elemento positivo à adoção de novas tecnologias. O relacionamento com tais organizações é uma importante fonte de conhecimento. Assim, a associação a um maior número de instituições deve determinar uma maior probabilidade de adoção da mecanização da colheita.

Finalmente, destaca-se que a adoção da mecanização, além de uma possível fonte de redução de custos e ganhos de produtividade, constitui uma forma de viabilizar a eliminação da queimada na colheita da cana. As queimadas são alvo de ataque pela sociedade que, cada vez mais preocupada com as questões ambientais em âmbito global e local, pressiona as empresas do setor pelo fim dessa prática. Autores como D'Souza et al. (1993) e Souza Filho et al. (1999) apontam a influência positiva do conhecimento, por parte do responsável pela unidade agrícola, da ocorrência de acidentes ambientais na região sobre a probabilidade de adoção de novas tecnologias, devido à percepção de risco de degradação de recursos naturais essenciais à atividade agrícola. No caso da cultura de cana-de-açúcar, a questão de impactos ambientais pode afetar essa percepção de risco pela consciência, por parte da empresa, sobre a ocorrência de acidentes ambientais ligados à queimada. Esse elemento pode ser atenuado ainda pela percepção da gravidade do acidente e pela percepção da intensidade do impacto desse acidente para a empresa. Quanto maior o efeito percebido, maior a pressão sentida pela organização, o que deve levar a uma maior

propensão à adoção da mecanização da colheita como meio de resolução das questões.

2.4 Modelo proposto

Tendo em vista a discussão acima, sugerimos um modelo teórico para a análise da adoção de tecnologia no setor sucroalcooleiro brasileiro. A tabela 1 apresenta tal modelo, que tem na primeira coluna o fator que impacta a escolha. Na segunda coluna, o tipo de impacto que tal fator tem e na terceira coluna a caracterização do impacto.

Tabela 1 – Estrutura do modelo teórico proposto

Fatores	Relação esperada	Caracterização
Idade	Negativa	Quanto mais avançada a idade do gerente agrícola, menor a probabilidade de adoção pela empresa.
Proprietário/sócio	Positiva	Presença de gerente agrícola com participação acionária deve estimular a adoção pela empresa.
Tempo de formação	Positiva	Quanto mais tempo de educação formal do gerente agrícola, maior a probabilidade de adoção pela empresa.
Competência operacional	Positiva	Quanto maior a proporção de funcionários com educação formal avançada (nível técnico ou superior) na equipe operacional, maior a probabilidade de adoção.
Troca de conhecimento com fontes externas	Positiva	Quanto mais horas de treinamento ministradas e mais visitas técnicas recebidas, maior a probabilidade de adoção.
Tamanho	Positiva	Quanto maior a unidade produtiva, maior a probabilidade de adoção.
Acesso a crédito	Não significativa	Sendo o acesso a crédito uma constante no setor, essa atividade não deve influir a adoção.
Capital próprio	Não Significativa	A proporção de capital próprio nos investimentos realizados não influi na adoção da tecnologia
Adequação à inovação	Positiva	Percepção de melhor adequação da empresa à tecnologia aumenta a probabilidade de adoção
Disponibilidade de mão-de-obra temporária	Negativa	Pouca disponibilidade de mão-de-obra nas proximidades aumenta a probabilidade de adoção
Condições climáticas/ambientais favoráveis	Positiva	Quanto mais favorável a percepção das condições ambientais ao cultivo da cana, maior a probabilidade de adoção
Acesso a fontes de conhecimento	Positiva	Quanto maior a quantidade de instituições relacionadas, maior a probabilidade de adoção
Acidente ambiental	Positiva	Quanto maior a nota atribuída a acidentes ambientais, maior a probabilidade de adoção

3. Metodologia

3.1 Introdução

Tendo em vista que não foram encontrados estudos anteriores que publicassem dados relacionando as características das empresas com a adoção de tecnologia no setor sucroalcooleiro brasileiro, optou-se por utilizar a survey como método para a coleta de dados.

A pesquisa foi direcionada para as usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil. Dados do setor (MAPA/SPA, 2007; Bressan Filho e Teixeira, 2008) evidenciam a existência de 343 empresas desse tipo operando no país, controlando mais de 60% da produção nacional de cana-de-açúcar.

Foram obtidos números de telefone ou e-mails de 284 destas empresas. Após várias tentativas, foi estabelecido contato com 225 dessas empresas. Um questionário (validado por especialistas do setor) foi enviado a tais empresas, obtendo-se 61 respostas válidas. Essa amostra representa 17,8% do universo de 343 usinas produtoras de açúcar e álcool no Brasil.

3.2 Coleta de dados

O questionário completo utilizado na pesquisa foi enviado por correio para os gerentes agrícolas das 225 empresas. Sempre que possível, as variáveis foram definidas quantitativamente (e.g. a idade dos gerentes, medida em anos). Muitas tiveram que ser do tipo ordinal (e.g. a escolaridade do gerente: 0: Sem instrução formal; 1: 1o grau; 2: 2o grau; 3: 3o grau; 4: pós-graduação). Uma variável que demandou um bom grau de subjetividade foi a “Nota atribuída a acidentes ambientais em função da atividade de queimada”, obtida pela multiplicação das respostas a três perguntas: se o respondente recordava da ocorrência de algum acidente na região nos últimos 10 anos? (Sim=1; Não=0); a sua percepção de gravidade do acidente (escala: 1=Nada grave até 4=Muito grave) ; e a sua percepção do impacto para a sua empresa (escala: 1=nenhum impacto a 4=alto impacto)

Seguindo a sugestão de Feder, Just e Zilberman (1985) a intensidade de adoção da tecnologia mecanizada foi avaliada pela extensão da aplicação das quatro opções possíveis (manual/cana crua; manual/cana queimada; mecanizada/cana crua; e mecanizada/cana queimada).

4. Resultados

4.1 Análise descritiva

No que diz respeito à adoção de colheita mecanizada, 33 (54%) das empresas respondentes não a utilizam. Das que utilizam a colheita mecanizada (28; 46%), 18 empresas usam colheita mecanizada com cana crua e 10 empresas usam a mecanização também com cana queimada. Tendo em vista a pequena quantidade de dados coletados, o detalhamento referente ao tipo cana (crua ou queimada) não será utilizado nas análises a seguir.

A idade média dos gerentes é de aproximadamente 43 anos, com um tempo médio de atuação no setor de 17 anos. A formação é predominantemente de terceiro grau ou pós-graduação, havendo alguns poucos casos de gerentes com apenas o segundo grau completo. Há um baixo percentual de funcionários com formação técnica ou superior (9,15%) e uma quantidade aparentemente alta de horas de treinamentos ministrados no ano (média de 330 h/ano). Entre os gerentes, o percentual de profissionais formados sobe para 86,7%. Todos os gerentes são contratados (nenhum é sócio-gerente)

O tamanho médio das unidades investigadas é de 20 mil ha, variando entre 3.500 e 58.500 ha, e a percepção predominante é de que as características ambientais locais são favoráveis.

A distância média das unidades presentes na amostra ao município mais próximo é de 13,6 km e a mão-de-obra temporária é principalmente originária do próprio estado em que estão instaladas. Aproximadamente 90% das empresas identificaram o seu controle como limitado de caráter familiar ou como sociedade anônima de capital fechado. Mais de 67% das empresas tiveram acesso a crédito nos últimos três anos ou possuem ainda alguma linha em aberto e apenas 9 unidades declararam que os investimentos realizados nesse período contaram exclusivamente com capital próprio.

4.2 Relações entre variáveis

4.2.1. Correlações

Inicialmente buscou-se verificar a existência de relações entre as variáveis independentes (ver tabela 1) e a dependente (Mecanização) através do teste de correlação. Como o modelo de distribuição normal não pôde ser verificado na amostra, optou-se pelos testes de correlação não-paramétricos τ_b (tau-b) de Kendall e ρ (ro) de Spearman.

A tabela 2 a seguir apresenta as correlações estatisticamente significativas em cada um dos testes realizados:

Tabela 2 – Coeficientes de correlação estatisticamente significativos

	Kendall τ_b (uni-caudal)	Spearman ρ (uni-caudal)
Domínio do Conhecimento Técnico	0,439**	0,472**
Adequação Total	0,374**	0,433**
Tamanho da Unidade	0,350**	0,423**
Adequação das Ferramentas de Controle Gerencial	0,300**	0,321**
Adequação das Técnicas Plantio	0,280*	0,296*
Nota Acidente Ambiental	0,256*	0,272*
Condições de Clima Favoráveis	0,241*	0,247*
Horas de Treinamento	0,235*	0,281*
Quantidade de Instituições com que se associa	0,201*	0,228*
Participação do capital próprio	-0,231*	-0,244*

*=Estatisticamente significativa a 0,05

** = Estatisticamente significativa a 0,01

Todas as correlações estatisticamente significativas apresentaram sentido das relações de acordo com aqueles esperados pelo modelo proposto.

Uma inconsistência com o modelo proposto é a identificação de um coeficiente estatisticamente significativo para a participação do capital próprio nos investimentos em melhorias na unidade. Além do mais, este coeficiente se apresenta com sinal contrário àquele encontrado em outros estudos (D'Souza et al., 1993; Monte e Teixeira, 2006), os quais apontaram influência positiva da maior participação do capital próprio em investimentos sobre a propensão à adoção de novas tecnologias.

4.2.2 Teste do Qui-quadrado

As variáveis contínuas foram niveladas em categorias de acordo com a sua distribuição de frequência. Com exceção da variável “Ambiente Favorável”, que foi nivelada em 3 categorias e da variável “Nota Acidente Ambiental” que adotou natureza dicotômica (ocorrência ou não de acidente), todas as variáveis foram niveladas em 4 categorias, produzindo uma tabela de contingência 2 x 4 nos testes com a variável de saída (Mecanização). Essa medida foi adotada para manter a coerência entre as variáveis, já que as que haviam sido medidas em escalas discretas, em sua maioria, possuíam também 4 níveis.

Devido a pouca quantidade de dados na amostra (61), é facilmente atingida a situação em que a frequência esperada para uma das oito células da tabela de contingência fique abaixo de 5, situação em que se perde o poder explicativo deste teste (Field, 2005). Como se pode verificar na tabela 3 a seguir, apesar da ocorrência de mais de 20% das células da tabela de contingência com valores abaixo de 5 em alguns casos, os testes estatisticamente significantes se mostraram consistentes com os resultados das correlações, apresentados na Tabela 2 – Coeficientes de correlação estatisticamente significativos, corroborando os resultados obtidos em tal tabela.

Tabela 3 – Testes qui-quadrado estatisticamente significativos

Variáveis	χ^2	Graus Lib.	Sig.	Força (V de Cramer)	Sig.
Tamanho da Unidade	14,450	3	0,002	0,487	0,002
	Menor frequência esperada = 5,97				
Domínio do Conhecimento Técnico	15,312	3	0,002	0,501	0,002
	3 células (37,5%) com frequência esperada abaixo de 5. Menor valor: 2,75				
Adequação das Ferramentas de Controle Gerencial	8,009	3	0,046	0,362	0,046
	4 células (50%) com frequência esperada abaixo de 5. Menor valor: 2,75				
Adequação Total	11,731	3	0,008	0,439	0,008
	Menor frequência esperada = 5,97				

4.2.3 Regressão Logística

A fim de verificar a influência de cada variável, na presença das outras existentes, adotou-se nesse trabalho a regressão logística (LOGIT), em conformidade com trabalhos anteriores como os de D'Souza et al. (1993), Arellanes e Lee (2003) e Monte e Teixeira (2006).

Inicialmente a LOGIT foi executada para o grupo de variáveis pertencentes ao modelo proposto. Em seguida, foi também aplicada aos conjuntos de variáveis de influência mais significativa sobre a adoção da mecanização da colheita, de acordo com os resultados obtidos nos testes de correlações de Kendall e de Spearman, e no teste qui-quadrado. Complementarmente, a regressão foi também realizada para o conjunto completo de todas as variáveis medidas pelo questionário. Em outras palavras, além do modelo teórico proposto, foram testados diferentes modelos que incluíam diferentes conjuntos de variáveis. Como os resultados obtidos não foram significativamente diferentes, mostramos abaixo apenas o resultado obtido para o modelo proposto (e o modelo “ajustado”, onde forem eliminadas as variáveis referentes ao treinamento e às visitas técnicas). A tabela 4 mostra os resultados completos, incluindo as correlações, os testes de qui-quadrado e as regressões.

Tabela 4 – Quadro-resumo das relações significativas

	N	Relações entre variáveis		LOGIT – Modelo Proposto	
		Correlações	χ^2	Modelo Inicial	Modelo Ajustado
Tamanho da Unidade	61	P	P	P	P
Capital Próprio nos Investimentos	50	N			
Adequação Total	61	P	P		P
Adequação das Técnicas Plantio	61	P			
Domínio do Conhecimento Técnico	61	P	P		P
Adequação das Ferramentas de Controle Gerencial	61	P	P		
Horas de Treinamento	44	P			
Ambiente Favorável	61			P	
Condições de Clima Favoráveis	61	P			
Quantidade de Instituições com que se associa	61	P			
Nota Acidente Ambiental	61	P		P	

P= positiva; N= negativa ; Estatisticamente significativa a 0,05 (pelo menos)

4.3 Análise dos resultados

Analisando a tabela 4 acima (Quadro Resumo), pode-se notar que praticamente todas as variáveis com relação significativa com o comportamento da variável dependente (Mecanização), apresentaram sentido dessa relação alinhado com o esperado pelo modelo proposto (vide Tabela 1 – Estrutura do modelo teórico proposto).

A única exceção foi a variável que mede a intensidade de participação do capital próprio nos investimentos. Ela apresentou correlação negativa com a adoção da

mecanização da colheita nos testes de Spearman e Kendall quando era esperada uma relação não significativa. Esse resultado vai de encontro, ainda, ao encontrado por Monte e Teixeira (2006) para a adoção da tecnologia de despoldamento na cafeicultura. Embora tenha ocorrido em apenas um dos testes, pode ser um indicativo de características específicas do setor ou da tecnologia em questão.

Os fatores que mais se mostraram significativamente relacionados com a variável de saída foram o tamanho da unidade agrícola e a percepção de adequação, ou preparação, da mesma para a incorporação da inovação. Ambos estão de acordo com o esperado e com resultados identificados por estudos anteriores. Outros dois fatores cuja relação com a variável dependente vale também ser destacada são a nota atribuída a acidentes ambientais ocorridos na região em função da atividade da queimada e a percepção de adequação das ferramentas de controle gerencial existentes na unidade. Por fim, é importante ressaltar que a variável “acesso a crédito” não mostrou relação significativa com a mecanização em nenhum dos testes realizados, comportamento este que era o esperado pelo modelo proposto.

5. Conclusões

O baixo número de respostas limitou o poder explicativo das análises, mas não invalida o modelo proposto. As suposições se mostraram relativamente alinhadas com os resultados obtidos, reforçando a relevância de alguns fatores e minimizando a importância de outros.

Em linhas gerais, a mecanização da colheita envolve grande investimento inicial, proporcionando uma redução na demanda por mão-de-obra menos qualificada. É uma tecnologia viabilizadora da colheita de cana crua, que cada vez se torna mais importante, à medida que a atividade de queima vem sendo regulada e limitada por lei. A mecanização da colheita é ainda condição necessária à utilização da palha da cana na atividade produtiva, seja na geração de energia a partir da queima dessa biomassa, seja na produção de etanol pelo processamento da celulose.

As variáveis Tamanho da Unidade e Percepção de Domínio do Conhecimento Técnico mostraram grande associação com a adoção da mecanização em quase todos os testes realizados. Essa observação destaca a relevância dessas variáveis no setor, o que pode ser esperado para outras tecnologias de características similares, principalmente no que tange ao grande investimento inicial e à elevação no nível médio de capacitação exigido da equipe operacional.

As menores unidades se mostram menos propensas a adotar a colheita mecanizada. Pode-se especular sobre as dificuldades financeiras, de ganhos de escala e de ausência de folga em organizações menores, limitando a propensão ao investimento em evoluções e no desenvolvimento da unidade (Damanpour, 1991; Feder, Just e Zilberman, 1985). Essa postura menos receptiva a mudanças pode também ter uma relação com as estruturas de poder, possivelmente mais tradicionais e de maior inércia em organizações de menor porte. Outro aspecto que pode influir sobre esse fato é o recente movimento de consolidação da

indústria, com intensos movimentos de fusões, o que poderia levar as menores unidades, que se percebem como alvo de aquisições, a um menor engajamento com objetivos de longo prazo e à menor propensão à adoção de uma nova tecnologia.

A probabilidade de adoção da mecanização é também maior entre as unidades que têm uma maior percepção de adequação à nova tecnologia. Esse nível de adequação estaria inversamente relacionado ao risco percebido na inovação. Dessa forma, pode-se interpretar que os principais elementos de risco percebidos pelos usuários, no que se refere à colheita mecanizada, estariam relacionados às dimensões dessa percepção de adequação. Destas, as que se mostraram significativas a partir das análises, em ordem decrescente de importância, foram: (i) o domínio do conhecimento técnico; (ii) a adequação das ferramentas de controle gerencial; e (iii) a adequação das técnicas de plantio. Entende-se que a maior influência da variável associada ao conhecimento técnico, específico da operação da tecnologia, esteja diretamente ligada ao risco percebido, ou seja: quanto MENOR é o conhecimento técnico, MAIOR é o risco percebido. Complementarmente, os outros dois elementos citados estão associados à aplicação desse conhecimento em outras áreas da empresa, respectivamente ao controle gerencial e às técnicas de plantio, fechando-se o ciclo operacional necessário ao uso da tecnologia.

Outro fator cuja influência sobre a probabilidade de adoção se mostrou significativa em três dos sete testes realizados foi o conhecimento de acidentes ambientais passados, atenuado pela percepção de gravidade desse acidente e pela percepção de impacto gerado para o negócio. As empresas que atribuíram maior nota a esse fator, representando maior gravidade e impacto percebidos, têm maior propensão à adoção da mecanização.

Dentre os resultados obtidos, quatro fatores apresentaram correlação com a adoção da mecanização apenas quando verificados individualmente através dos testes de correlações. Os dois primeiros – (i) a quantidade de treinamento técnico e (ii) a quantidade de associações com que se relaciona a unidade – reforçam a importância do domínio do conhecimento técnico e do acesso a esse conhecimento para a adoção da nova tecnologia.

O terceiro fator – percepção da presença de clima mais favorável à produção da cana-de-açúcar na região – pode apenas estar mostrando que a percepção dos agricultores é de que o clima é mais importante para a produtividade do que a técnica de colheita. Em outras palavras, se o clima é desfavorável, talvez seja mais importante investir antes em equipamentos de irrigação e proteção contra eventos climáticos extremos, do que na mecanização de sua colheita, como uma forma de se manterem competitivos.

O quarto elemento que apresentou correlação com a adoção da mecanização da colheita foi a participação do capital próprio nos investimentos realizados na unidade. Curiosamente, ele apresentou sinal contrário àquele obtido por outros autores como Monte e Teixeira (2006). Nossa expectativa era de que, como a utilização de linhas de crédito é uma constante nesse mercado, a influência desse elemento fosse não significativa. O sinal negativo pode ser um indicativo de que as empresas com maiores proporções de capital próprio nos investimentos podem

não ter atingido um montante suficientemente grande para o empreendimento de um projeto como o de mecanização da colheita.

Finalmente, no conjunto de variáveis avaliadas, observa-se que quatro não apresentaram correlação significativa em nenhum dos testes realizados. Duas delas estão associadas ao gerente agrícola: a idade do gerente agrícola e o nível de escolaridade. Esse resultado pode ser consequência do fato de termos uma amostra composta estritamente por gerentes contratados. Talvez as características dos gerentes agrícolas sobre a decisão de adoção da tecnologia, só apareçam nas situações em que eles tenham participação societária no negócio.

Os outros dois fatores que não apresentaram influência significativa foram o percentual de funcionários com formação técnica ou superior e a disponibilidade de mão-de-obra temporária. Aparentemente, a complexidade percebida da colheita mecanizada talvez não seja tão grande, não exigindo um avanço na educação formal dos funcionários. Quanto ao fator disponibilidade de mão-de-obra temporária, a ausência de relação significativa pode ser decorrência da métrica utilizada na sua medição, que é a proximidade da fonte principal de mão-de-obra temporária, graduada em três níveis: (1) no município; (2) no estado; e (3) fora do estado.

Referências Bibliográficas

ANFAVEA , Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. 2008. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>

ARELLANES, Peter; LEE, David R. The Determinants of Adoption of Sustainable Agriculture Technologies: Evidence from the hillsides of Honduras. Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE), 2003.

BELING, Romar R. ;REETZ, Erna; VENCATO, Angela; ROSA, Gilson R. da; RIGON, Liana; CORRÊA, Silvio. Anuário Brasileiro da Cana-de-açúcar 2006. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2006.

BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLEB, F.; CORTEZ, L. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. Biomass and Bioenergy, 17, p. 495-506, 1999.

BRESSAN FILHO, Ângelo (Coordenador); TEIXEIRA, Wellington S. (Colaborador) Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil, Situação Observada em Novembro de 2007. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Brasília, Abril/2008. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/perfil.pdf>

CAMPBELL, Helen (Coordenação). Estudo de Caso: A Indústria Sucroalcooleira no Estado de São Paulo. UNIETHOS, 2005.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos da Fundação de Desenvolvimento da Unicamp. Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo. NIPE – Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético/UNICAMP. Relatório Final (Dezembro/2005).

DAMANPOUR, Fariborz. Organizational Innovation: A Meta Analysis of Effects of Determinants and Moderators. Academy of Management Journal. Vol. 34, No 3, p. 555-590, 1991.

DAMANPOUR, Fariborz; SCHNEIDER, Marguerite. Phases of the Adoption of Innovation in Organizations: Effects of Environment, Organization and Top Management. *British Journal of Management*. Vol. 17, p. 215-236, 2006.

D'SOUZA, Gerard; CYPHERS, Douglas; PHIPPS, Tim. Factors Affecting the Adoption of Sustainable Agricultural Practices. *Agricultural and Resource Economics Review*. October 1993.

FEDER, Gershon; JUST, Richard E.; ZILBERMAN, David. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 33, No. 2, p. 255-298. Jan. 1985.

FIELD, Andy. *Discovering statistics using SPSS*. Sage Publications, 2005.

FRAMBACH, Ruud T.; SCHILLEWAERT, Niels. Organizational innovation adoption: A multi-level framework of determinants and opportunities for future research. *Journal of Business Research* 55, p. 163-176, 2002.

MACEDO, Isaias de C. (Organizador). *A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade*. São Paulo: Berlendis & vertecchia: UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo, 2005.

MAPA/SPAÉ – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Secretaria de Produção e Agroenergia. *Balanço Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia*. AGRIS P05, CDU 620.91. Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI. Brasília, 2007.

MONTE, Edson Z.; TEIXEIRA, Ery C. Determinantes da Adoção da Tecnologia de Despolpamento na Cafeicultura. *RER*, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 02, p. 201-217, abr/jun 2006.

NEILL, Sean P.; LEE, David R. Explaining the adoption and disadoption of sustainable agriculture: The case of Cover Crops in Northern Honduras. *Economic Development and Cultural Change*. 49, 4. ABI/INFORM Global, p. 793, Jul 2001.

RAMÃO, Fernanda P.; SCHNEIDER, Iara E.; SHIKIDA, Pery Francisco A. Padrão Tecnológico no Corte de Cana-de-açúcar: Um Estudo de Caso no Estado do Paraná. *Revista de Economia Agrícola*, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 109-122, jan./jun. 2007.

RODRIGUES, Délcio; ORTIZ, Lúcia. Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil. *Vitae Civilis e Nat Brasil*. Outubro 2006. Disponível em: http://www.natbrasil.org.br/Docs/biocombustiveis/sustentabilidade_etanol_port.pdf

RODRIGUES, Eurípedes B.; ABI SAAB, Otavio J. G. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) na região de Bandeirantes – PR. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 581-588, out./dez. 2007.

ROGERS, Everett M. *Diffusion of Innovation*. Free Press, New York, 3rd ed. 1983.

SALATI, Enéas. [Opinião sobre a sustentabilidade agrícola e os desafios do setorsucroalcooleiro]. Rio de Janeiro. Entrevista concedida em 30 de outubro de 2007.

SCOPINHO, Rosemeire A.; EID, Farid; VIAN, Carlos Eduardo de F.; SILVA, Paulo Roberto C. da. Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 147-161, jan-mar, 1999.

SOUZA FILHO, Hildo M.; YOUNG, Trevor; BURTON, Michael P. Factors Influencing the Adoption of Sustainable Agricultural Technologies: Evidence from

the State of Espírito Santo, Brazil. Technological Forecasting and Social Change 60, p. 97–112, 1999.

SUNDING, David; ZILBERMAN, David. The Agricultural Innovation Process: Research and Technology Adoption in a Changing Agricultural Sector. Handbook of Agricultural Economics, 2000. Disponível em: <http://are.berkeley.edu/~zilber/innovationchptr.pdf>

VEIGA FILHO, Alceu. Fatores Explicativos da Mecanização do Corte na Lavoura Canavieira Paulista. Informações Econômicas, SP, v.28, n.11, nov. 1998.

WELLS JR., Louis T. Economic man and engineering man. In: STOBAUGH, Robert B.; WELLS JR., Louis T. Technology crossing borders. Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, Cap. 3, 1988.