

EDUARDO RODRIGUES DE CASTRO

**CRÉDITO RURAL E OFERTA AGRÍCOLA NO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C355c  
2008

Castro, Eduardo Rodrigues de, 1967-  
Crédito rural e oferta agrícola no Brasil / Eduardo  
Rodrigues de Castro. – Viçosa, MG, 2008.  
xvii, 112f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Erly Cardoso Teixeira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 95-100.

1. Crédito agrícola. 2. Economia agrícola.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDD 22.ed. 332.71

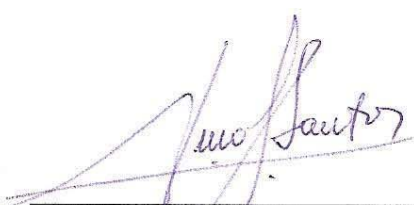
EDUARDO RODRIGUES DE CASTRO

**CRÉDITO RURAL E OFERTA AGRÍCOLA NO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

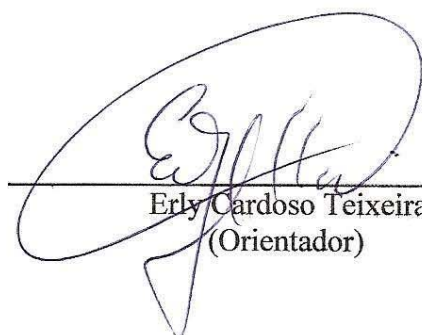
APROVADA: 16 de dezembro de 2008.

  
Marc Nerlove

  
Maurinho Luiz dos Santos

  
Alexandre Bragança Coelho

  
Eliseu Roberto de Andrade Alves  
(Co-orientador)

  
Erly Cardoso Teixeira  
(Orientador)

Aos meus pais,  
João Rodrigues Pereira (*in memoriam*) e Marlene de Castro Rodrigues.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A meus pais, que sempre priorizaram a educação de seus filhos.

A meus irmãos, familiares e amigos, pelo apoio, torcida e por ter compartilhado e entendido os momentos difíceis. Um agradecimento especial aos meus irmãos Fernando e João Lúcio, pelo constante apoio, e aos amigos André, Edinéia e Letícia, pelas várias vezes que me receberam em sua casa. Aos que me apoiaram espiritualmente, fica o reconhecimento de que, sem esse apoio, não teria atingido meu objetivo.

Ao Departamento de Economia Rural, pela formação. Aos professores, funcionários e colegas de curso, pelos vários momentos compartilhados, que contribuíram para minha formação pessoal e profissional. Agradecimento especial ao Professor Erly, meu orientador, pela confiança, orientação e apoio durante o todo o curso. Ao Professor Maurinho, pela confiança e oportunidades proporcionadas, bem como pelos comentários com relação ao trabalho. Aos Professores João Eustáquio, Marcelo Braga e Alexandre Coelho, pelos comentários e sugestões. Ao amigo Adelson, parceiro de vários trabalhos. A Graça e Carminha, pela dedicação.

Ao Dr. Eliseu Alves, pela atenção e orientações ao longo do trabalho.

Ao *Agricultural and Resource Economics Department, University of Maryland, EUA*, por ter me recebido para o Estágio de Doutorado. A todos os professores, funcionários e colegas que me ajudaram durante o período em que estive lá. Agradecimento especial ao Professor Marc Nerlove, por toda sua atenção e orientações

relativas ao trabalho. Ao Professor Robert Chambers, pela ajuda com relação ao modelo utilizado. Ao amigo Alexandre Vialou, pelo apoio e discussões do trabalho.

Ao Professor Danilo Aguiar, pela confiança.

Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio financeiro.

## **BIOGRAFIA**

EDUARDO RODRIGUES DE CASTRO, filho de João Rodrigues Pereira e Marlene de Castro Rodrigues, nasceu na Fazenda Boa Vista, em Queluzito, MG, em 21 de outubro de 1967. Em 1990, graduou-se em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa; de 1991 a 1992, foi bolsista de Aperfeiçoamento no Centro de Pesquisa de Gado de Leite da EMBRAPA; de 1993 a 1996, ocupou o cargo de Secretário de Agropecuária, Abastecimento e Meio Ambiente no município de Conselheiro Lafaiete-MG; e, de 1994 a 2001, ministrou treinamentos na área de Mecanização Agrícola, pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). Em 2002 iniciou o Mestrado em Economia Aplicada no Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa, concluído em 2004. Ingressou no mesmo ano no Programa de Doutorado, na mesma instituição. De setembro de 2006 a agosto de 2007, cumpriu parte de seu programa de doutoramento na Universidade de Maryland, EUA. Concluiu o doutorado em dezembro de 2008 e, atualmente, é professor do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de São Carlos, Campus de Sorocaba.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE SIGLAS .....	xii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. A política de crédito rural .....	2
1.2. A oferta agrícola .....	10
1.3. O problema e sua importância .....	22
1.4. Hipótese .....	25
1.5. Objetivos .....	26
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	27
2.1. A função de lucro restrita .....	33
2.2. O financiamento da agricultura .....	33



	Página
2.3. Testes de separabilidade .....	34
3. METODOLOGIA .....	37
3.1. Modelo analítico .....	37
3.2. Procedimentos de estimação dos modelos .....	51
3.3. Fonte de dados .....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
4.1. Estimação dos preços previstos .....	54
4.2. Resultados da estimação dos coeficientes da função <i>translog</i> de lucro ..	58
4.2.1. Estimação do modelo <i>translog</i> em que o dispêndio total é a soma dos dispêndios com os insumos fertilizantes, mão-de-obra e defensivos .....	58
4.2.2. Estimação do modelo <i>translog</i> em que o crédito rural é utilizado como <i>proxy</i> do dispêndio total .....	64
4.3. As elasticidades-preço da oferta .....	77
4.4. As elasticidades-preço da demanda de insumos .....	82
4.5. Testes de separabilidade .....	84
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....	91
REFERÊNCIAS .....	95
APÊNDICES .....	101
APÊNDICE A .....	102
APÊNDICE B .....	105
APÊNDICE C .....	107
APÊNDICE D .....	111

## LISTA DE TABELAS

	Página
1	Evolução da produção das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, no período analisado, média por subperíodo ..... 14
2	Valores médios disponibilizados por cultura selecionada, por subperíodo, porcentagem em relação ao crédito total de custeio, incluindo a participação do valor bruto da produção por cultura em relação ao VBP total para o período 1996-2004 ..... 21
3	Participação dos valores disponibilizados e do número de contratos em relação ao total, de acordo com a finalidade e atividade, em porcentagem (média por subperíodo e de todo o período) ..... 23
4	Distribuição percentual dos recursos do crédito rural por valores de contratos, 2001 a 2004, para agricultura comercial e agricultura comercial mais PRONAF ..... 23
5	Valor da estatística ADF referente ao teste Dickey-Fuller aumentado para verificação da presença de raiz unitária, para as séries em nível e em primeira diferença, na presença de constante, constante e tendência e sem constante e sem tendência ..... 55
6	Coefficientes estimados para as séries de preços das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo ..... 57
7	Coefficientes estimados, custo total das variáveis fertilizantes, defensivos e mão-de-obra como <i>proxy</i> do dispêndio total ..... 62

	Página
8	Elasticidades calculadas, custo total das variáveis fertilizantes, defensivos e mão-de-obra como <i>proxy</i> do dispêndio ..... 63
9	Coefficientes estimados, crédito total de custeio como <i>proxy</i> do dispêndio total ..... 66
10	Elasticidades calculadas, crédito total de custeio como <i>proxy</i> do dispêndio ..... 69
11	Número de informantes, área colhida e valor bruto da produção para as culturas selecionadas ..... 75
12	Elasticidades da oferta com relação ao preço dos produtos e dos insumos ..... 78
13	Elasticidades calculadas para as demandas de insumos com relação ao preço dos produtos e dos insumos ..... 83
14	Estatística “ <i>t</i> ” para os testes de separabilidade entre produtos com relação aos preços do próprio produto ..... 86
15	Estatística “ <i>t</i> ” para os testes de separabilidade entre produtos com relação aos preços dos insumos ..... 87
16	Estatística “ <i>t</i> ” para os testes de separabilidade entre insumos com relação aos preços dos produtos e insumos ..... 88
17	Estatística “ <i>t</i> ” para os testes de separabilidade entre produtos e entre insumos com relação ao dispêndio total ..... 89
1D	Dados utilizados na pesquisa: preços dos produtos, dos insumos, área cultivada e crédito ..... 111
2D	Dados utilizados na pesquisa: quantidade dos produtos e dos insumos ..... 112

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Evolução dos valores de crédito de custeio, investimento e comercialização, 1969 a 2004 .....	9
2 Evolução dos valores de disponibilizados e do número de contratos de crédito de custeio, investimento e comercialização, 1969 a 2004 .....	10
3 Evolução da produção, área plantada e crédito de custeio de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, 1976/77 a 2005/06 .....	19
4 Equilíbrio de dois produtos: curva de possibilidade de produção .....	31
5 Crédito rural como deslocador do dispêndio total .....	34
6 Evolução da área plantada, produção e produtividade média das culturas algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, 1976/77 a 2005/06 .....	64
7 Evolução das despesas com terra mais insumos (fertilizantes, defensivos e mão-de-obra) e crédito rural de custeio, no período de 1976 a 2005, considerando o crédito oficial disponibilizado para as culturas especificadas no modelo (algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo) .....	65
8 Evolução das parcelas das culturas e dos insumos no lucro .....	67
9 Evolução da produção das culturas analisadas nesta pesquisa (em 1.000 toneladas) .....	71

10	Evolução da quantidade de fertilizantes, mão-de-obra e defensivos utilizados pelas culturas analisadas nesta pesquisa .....	72
----	---	----

## **LISTA DE SIGLAS**

- AGF – Aquisições do Governo Federal.
- ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento.
- CPR – Cédula de Produto Rural.
- EGF-COV – Empréstimo do Governo Federal com Opção de Venda.
- EQR – Expectativas Quase Racionais.
- ETJ – Equalização das Taxas de Juros.
- FAT – Fundo de Amparo ao Trabalhador.
- FGV – Fundação Getúlio Vargas.
- FINAME – Financiamento de Máquinas e Equipamentos.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IGP-DI – Índice Geral de Preços – Diversos Índices.
- IPEA – Instituto Pesquisa Econômica Aplicada.
- CMN – Conselho Monetário Nacional.
- MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário.
- PGPM – Política de Garantia de Preços Mínimos.
- PIB – Produto Interno Bruto.
- PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.
- PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar.
- SNCR – Sistema Nacional de Crédito Rural.

SUR – “*Seemingly Unrelated Regressions*”.

TR – Taxa Referencial.

## RESUMO

CASTRO, Eduardo Rodrigues de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2008. **Crédito rural e oferta agrícola no Brasil**. Orientador: Erly Cardoso Teixeira. Co-orientadores: Eliseu Roberto de Andrade Alves, José Maria Alves da Silva e Marcelo José Braga.

O Crédito Rural foi criado no final da década de 1960 e desde então se tornou uma das principais políticas agrícolas do País. Desde sua criação, o programa contou com subsídios governamentais, que se davam principalmente através das taxas de juros, compensando em parte a transferência de recursos do setor agrícola promovida pela política de substituição de importações. O crédito rural visava estimular a adoção de tecnologia e aumentar a oferta de alimentos e matérias-primas de origem agropecuária, fortalecendo principalmente os pequenos e médios produtores. Dado que a produção agrícola tem aumentado ao longo dos anos, a despeito da redução do volume de crédito oficial, estará o programa de crédito rural cumprindo com o objetivo de ampliar a oferta agrícola? A análise do impacto do crédito na produção apresenta algumas dificuldades em função das particularidades do programa e das características da atividade agrícola. Uma alternativa para se avaliar a importância do financiamento na atividade agropecuária é verificar se o setor possui, de fato, limitação no dispêndio total para a compra de insumos. A hipótese desta pesquisa é que os produtores rurais possuem recursos limitados e necessitam de financiamento para adquirir os insumos necessários



para a produção. O objetivo principal do presente trabalho é analisar a resposta de culturas agrícolas às variações do dispêndio total, para o período de 1976 a 2005. As culturas analisadas nesta pesquisa são: algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo; e os insumos utilizados são: fertilizantes, mão-de-obra e defensivos. Com base na dualidade aplicada à teoria da produção, as demandas condicionadas são estimadas a partir de uma função *translog* de lucro, multiproduto, multi-insumo, em que o total do crédito oficial de custeio aplicado nas culturas analisadas é utilizado como *proxy* do dispêndio total. As variações no dispêndio total foram estatisticamente significativas para explicar variações na oferta de arroz, feijão, milho e soja e a demanda de fertilizantes e mão-de-obra. A variável área cultivada apresenta impacto significativo na oferta de todas as culturas, mas não na demanda de fertilizantes e defensivos. Isso pode ser devido à intensificação da utilização desses insumos por unidade de área, aumentando-se a demanda desses insumos mesmo sem que haja aumento de área. Com relação à resposta a preços, somente a elasticidade-preço do algodão não foi estatisticamente significativa. As ofertas de arroz, feijão, milho e soja são inelásticas, conforme esperado. A oferta de trigo é elástica, o que pode ser devido à sensibilidade da produção às políticas governamentais, especialmente às políticas de preço. As demandas dos insumos se mostram elásticas. Esse resultado é consistente com um setor oligopolizado, no caso de fertilizantes e defensivos. No caso de mão-de-obra, o resultado pode ter sido influenciado pela ausência de uma variável relativa a capital. Conclui-se que o setor agrícola enfrenta restrição na compra de insumos e que o financiamento via crédito rural é importante para a produção. Uma política de crédito é indispensável para o setor agrícola, uma vez que permite aos produtores adquirir mais insumos e aumentar a produção.

## ABSTRACT

CASTRO, Eduardo Rodrigues de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2008. **Rural credit and agricultural supply in Brazil**. Adviser: Erly Cardoso Teixeira. Co-advisers: Eliseu Roberto de Andrade Alves, José Maria Alves da Silva and Marcelo José Braga.

The rural credit program was created in the late 1960s and became one of the most important agricultural policies in Brazil. It has been subsidized throughout the years, with its interest rate becoming smaller than the market interest rate. The main objective of the Rural Credit Program was to increase technology adoption and production. However, the financial resources from the rural credit policy have decreased along the years. On the other hand, agricultural production has increased, as well as the use of technology by the rural sector. Given this situation, has rural credit been correlated to agricultural production? Analyzing the rural credit impact on agricultural production offers some difficulties due to the program's specificities and the agricultural sector's characteristics. This research evaluates the importance of agricultural sector financing, analyzing the budget restrictions faced by the farmers. The hypothesis is that farmers have limited resources to purchase inputs and need to finance their agricultural production. The objective of this research is to analyze the crop response to variations on total expenditure, from 1976 to 2005. The crops investigated are cotton, rice, bean, corn, soybean and wheat, and the inputs are fertilizers, labor and chemicals. Land is specified as fixed input. The research is based on the duality applied

to the production theory and the conditioned input demands are estimated from a multi output, multi input translog profit function. Total expenditure variation is statistically significant to explain the changes in the supply of rice, bean, corn, and soybean, and the demand of fertilizers and labor. Land presents a positive impact on all crop supplies, but not on the demand for fertilizers and chemicals. This may be explained by the intensification of fertilizer and chemical use in the agricultural production. Cotton response to price is not statistically significant. The supplies of rice, bean, corn and soybean are inelastic, as expected. Wheat supply is elastic, and may be explained by the production response to the government's price policies. The input demands are also elastic. The results indicate that the agricultural sector faces budget restrictions. The conclusion is that the Rural Credit Program policy plays an important role in the agricultural sector since it allows farmers to purchase more inputs and increase the output production.

## **1. INTRODUÇÃO**

A política de crédito rural teve seu auge na década de 1970, logo após sua criação, quando chegou a ser disponibilizado volume de recursos equivalente ao Valor Bruto da Produção. Na década seguinte, mudanças no programa, decorrentes das críticas e de maior rigor fiscal nas contas públicas, o volume de recursos do crédito é diminuído. O crédito rural passa por um período de instabilidade até que novas fontes de financiamento sejam definidas. O Tesouro Nacional passa a atuar via equalização das taxas de juros e da manutenção dos fundos constitucionais, reduzindo sua participação. A partir de meados da década de 1990, o volume de crédito disponibilizado volta a crescer.

A oferta agrícola, no entanto, aparentemente não foi afetada pelos problemas enfrentados pelo programa de crédito rural. A produção de grãos tem crescido ano a ano, e o setor agrícola se torna altamente competitivo, utilizando insumos e tecnologia modernos. Ao mesmo tempo, com a maior integração da produção à cadeia produtiva, o agronegócio se torna importante fonte de crescimento da economia nacional.

Nesta seção, procura-se abordar estes dois aspectos: a trajetória instável do crédito rural, com seus problemas, críticas ao programa e mudanças ocorridas, bem como o comportamento da oferta agrícola com relação a área cultivada, produção e produtividade ao longo do período analisado.

## 1.1. A política de crédito rural

O sistema de financiamento oficial da agricultura começou na década de 1930 com o Banco do Brasil, com a criação da Carteira de Crédito Agrícola e Industrial do Banco do Brasil (COELHO, 2001; BACHA et al., 2006). Esta carteira contava com recursos originados da agropecuária e destinou maior parte dos recursos ao setor industrial. No período de 1946 a 1964, os únicos investimentos voltados para o setor agrícola foram os destinados à abertura de novas estradas que propiciou a expansão da fronteira agrícola. Além da falta de apoio nesse período, ocorreu o processo de industrialização via substituição de importações, no qual houve elevadas transferências do setor agrícola para os outros setores (BACHA et al., 2006).

O Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) foi criado pela Lei 4829, de 5 de novembro de 1965, sendo a regulamentação atribuída ao Conselho Monetário Nacional (CMN) e o controle das ações, ao Banco Central. Integravam o SNCR o Banco Central, o Banco do Brasil, o Banco de Crédito da Amazônia, o Banco do Nordeste e o Banco Nacional de Crédito Cooperativo. O principal objetivo era prover o setor agrícola com recursos externos para financiar o custo operacional, investimento e comercialização, estimular o processo de formação de capital na agricultura, acelerar a adoção de tecnologia e fortalecer a posição econômica dos produtores. Com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural, houve um aumento do volume de empréstimos, principalmente no início da década de 1970. A relação crédito/produção no setor agrícola cresceu a taxas maiores que em outros setores da economia (ARAÚJO; MEYER, 1979).

A taxa de juros do crédito rural era fixada em 15%, para o crédito de custeio, mas havia diversos programas específicos em que as taxas praticadas poderiam ser mais baixas, a exemplo do crédito utilizado na compra de fertilizantes, que tinham taxas ainda menores. Esta taxa foi mantida fixa até 1979, quando começou a ser parcialmente corrigida (GOLDIN; REZENDE, 1993). Com a elevação da inflação, no início da década de 1970, o setor agrícola passa a contar com um subsídio à produção, já que a taxa de juros do crédito rural permaneceu inalterada. A transferência de recursos para o setor agrícola calculado com base na taxa real de juros foi da ordem de 8% da renda do setor em 1974, chegando a 20% em 1980.

Esta transferência compensava em parte as transferências do setor agrícola para os outros setores, nos anos anteriores, porém sem atingir o setor como um todo, em

função da concentração do crédito em regiões, produtos e produtores. De acordo com Sayad (1984), os subsídios não compensaram as perdas provocadas pelo programa de substituição de importação<sup>1</sup>. Os subsídios, que de certa forma diminuían as perdas do setor, eram destinados aos produtores de maior porte, provocando uma concentração de renda na agricultura.

Mudanças estruturais no País, como o avanço na industrialização e aceleração do desenvolvimento industrial que contribuiu para a migração rural urbana, passam a exigir da agricultura produtos para a exportação e produção de alimentos. A população urbana cresceu notavelmente no período, criando mercado para produtos industriais. O valor do crédito em relação ao produto agrícola passa de 40% do produto agrícola em 1969 para cerca de 80% no final da década de 1970, atingindo o máximo de 102% em 1975 (GUEDES PINTO, 1981). Sayad (1984), no entanto, mostra que a produção agrícola não aumentava na mesma proporção do crédito, devido à substituição de recursos próprios do produtor por recursos do SNCR. O produtor tomava recurso do crédito para financiar a produção e investia o recurso próprio em outra aplicação mais rentável. Isso era mais intenso quanto maior o acesso do produtor a outras formas de investimento, o que se dava mais facilmente para os grandes produtores.

Rezende (1980) argumenta que o subsídio associado ao crédito influenciava a taxa de retorno média do capital no setor agrícola, uma vez que aqueles que tinham acesso ao crédito subsidiado teriam um custo médio menor que aqueles que não tinham acesso ao SNCR. O aumento no lucro médio proporcionado pelo crédito rural teria se refletido no preço da terra. Por outro lado, preço da terra mais elevado representava custo econômico ainda maior, reduzindo ainda mais o lucro dos que não utilizavam financiamento originado do crédito rural.

O processo inflacionário, ao mesmo tempo que contribuía para a elevação dos subsídios e para a transferência de renda entre setores também contribuía para a concentração de recursos nos maiores produtores, que tinham condições de oferecer maiores garantias (SAYAD, 1984). De acordo com o Censo Agropecuário de 1970, 88,5% dos estabelecimentos não receberam crédito rural, enquanto em 1975 esse percentual foi de 85,6%. Ao mesmo tempo, a participação do crédito oficial aumentou de 78,9% para 83,7% do crédito total, enquanto a participação dos bancos comerciais privados, firmas e indivíduos declinaram de 21,1% para 16,3% (ARAÚJO, 1983). De

---

<sup>1</sup> Lopes (1993) mostra que os subsídios à agricultura não foram suficientes para compensar as taxações sofridas pelo setor agrícola ao longo dos anos.

acordo com Guedes Pinto (1981), a concentração do crédito aumentou no início da década de 1970, chegando a ter cerca de 50% do volume de crédito distribuído para cerca de 3% dos contratos, no caso da agricultura, para o ano de 1976. Na pecuária, cerca de 50% do volume foi distribuído para cerca de 4%, também no ano de 1976.

Os problemas decorrentes do subsídio, concentração do crédito e fonte de recursos levaram a algumas críticas ao SNCR. As principais eram: impossibilidade de manter o subsídio ao crédito via transferência do orçamento fiscal devido a pressões inflacionárias; dúvidas quanto à sua eficácia como política de estímulo à expansão e modernização da agricultura; e responsabilidade atribuída ao crédito rural pelos padrões concentradores do desenvolvimento agrícola. Alves (1993) argumenta que a criação da política de Crédito Rural se deu ao perceber que expansão da fronteira agrícola não seria suficiente para atender à demanda de alimentos, sendo necessário estimular aumentos de produtividade. O Crédito Rural, por sua vez selecionava os produtores mais próximos dos mercados e das condições de infraestrutura e próximos das agências bancárias, levando a uma autosseleção daqueles produtores capazes de responder aos estímulos para modernização.

A distribuição regional se baseava na participação da produção, com exceção do Nordeste. São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e Goiás – os Estados que mais receberam crédito – totalizam 73,8% e 72,3% do crédito institucional, de acordo com os dados dos censos agropecuários, respectivamente, de 1970 e 1975. Sul e Sudeste apresentaram uma participação no crédito total semelhante à distribuição total na produção se concentrando nas regiões de agricultura mais dinâmica e com maiores retornos. Nestas regiões há uma maior capilaridade do sistema bancário, que facilita o acesso ao crédito por parte dos produtores. A facilidade de acesso ao sistema bancário está diretamente relacionada com acesso ao crédito, podendo contribuir para a concentração do crédito em termos regionais (ARAÚJO, 1983). Este autor destaca ainda como fatores positivamente associados ao uso de crédito o tamanho da fazenda, a produtividade da terra e do capital, os investimentos líquidos e o nível de escolaridade do produtor.

De acordo com Stiglitz (1991), a concentração na distribuição dos recursos do crédito pode ser devido ao fato de o crédito rural ser operado por instituições financeiras que visam lucro. Se o banco identifica riscos na atividade financiada, é comum exigir garantias que servirão para cobrir os empréstimos no caso da impossibilidade de o tomador fazê-lo. Com isso, os agentes financeiros operando livremente no mercado de

crédito, irão selecionar aqueles produtores com maior nível de renda, com atividades de menor risco e mais capitalizados (maiores garantias de pagamento), de modo que tenham maior segurança no recebimento dos empréstimos realizados. Além disso, maiores contratos representam menores custos para os bancos na operacionalização dos contratos (PESSOA, 2006).

Hoffmann e Kageyama (1987) mostraram que houve uma desconcentração regional do crédito a partir de 1975, reduzindo-se a desigualdade na distribuição do crédito em relação ao valor da produção. Uma das razões para essa melhoria na desigualdade se deve à dinâmica do complexo agroindustrial, em que os alimentos básicos passam a ser produzidos também de forma capitalista com elevado grau de tecnologia. Os autores mostraram que a concentração na distribuição foi praticamente eliminada ao longo da década de 1970, quando se considera a distribuição do crédito em relação ao valor da produção por região.

A distribuição do crédito melhorou no período de 1975 a 1980, em favor das regiões mais pobres e dos pequenos agricultores, mas ainda se mantinha concentrada: em 1980 apenas 20% dos estabelecimentos receberam algum tipo de crédito. Quando analisado em relação ao tamanho das propriedades rurais, para toda a década de 1970, não apresentou melhora significativa. Por outro lado, a distribuição do crédito passa a ser proporcional ao valor da produção nesse período (SHIROTA, 1988). Goldin e Rezende (1993) argumentam que, apesar do consenso de que o crédito barato estimulou a substituição do capital pelos financiamentos oficiais, é provável que o setor agrícola não tivesse crescido na mesma intensidade na década de 1970 sem a presença do sistema de crédito oficial.

Com as críticas ao funcionamento do SNCR nos primeiros anos de existência, no final da década de 1970 começou a haver mudanças no sistema de financiamento da agricultura. No intuito de reduzir a concentração do crédito, o Banco Central impôs, em maio de 1979, pela Resolução 546, que 25% do crédito fosse destinado a mini e pequenos agricultores, assim classificados em função do valor da produção de sua fazenda (ARAÚJO, 1983). De acordo com Alves (1993), essas mudanças foram devidas a pressões decorrentes do caráter concentrador do crédito rural.

No início da década de 1980 começaram a ser introduzidos mecanismos de correção nos financiamentos agrícolas, fazendo com que em 1984 a taxa de juros do crédito rural fosse positiva pela primeira vez desde 1965 (GOLDIN; REZENDE, 1993). Em 1986 ocorreram algumas das principais mudanças no sistema de financiamento



agrícola, acompanhando as mudanças macroeconômicas que buscavam maior rigor fiscal. Foram tomadas medidas que vieram a afetar o Sistema Nacional de Crédito, como o fim da conta movimento do Banco do Brasil (limitando a liberação de recursos, que passaram a ser incluídos no Orçamento Fiscal); criação da Secretaria do Tesouro nacional, que passou a executar um controle contábil nas contas da União. Posteriormente, a promulgação da Constituição de 1988 devolveu ao Congresso o poder de examinar e emendar o Orçamento Geral da União, além de proibir a emissão de títulos da dívida pública para financiar a iniciativa privada; redução dos empréstimos lastreados com recursos do Tesouro Nacional, limitando-se às metas orçamentárias fixadas pelo governo. Essas medidas reduziram a participação do tesouro no financiamento rural de 65% em 1985 para 25% em 1992 (OLIVEIRA, 1995).

A aceleração da inflação fez com que os ativos monetários (moeda e depósitos a vista) se reduzissem de 37%, em 1972, para 7,8% do total dos haveres em 1989. Por outro lado, as reformas macroeconômicas introduzidas em 1986 e a tentativa de controlar a inflação restringiram a possibilidade de emissão de moeda para fins de financiamento rural. Restava ao governo a emissão de títulos públicos e, com isso, elevação da dívida pública se quisesse manter os níveis de crédito à agricultura. Em 1986 foi criada a poupança rural com o objetivo de compensar a redução da participação dos recursos do tesouro e das exigibilidades, a qual chegou a ser a maior fonte de recursos para o crédito em 1993. No entanto, não foram suficientes para cobrir a redução do volume de recursos do Tesouro, exigibilidades, recursos livres, fundos constitucionais e outras (ARAÚJO; ALMEIDA, 1996).

Ainda na década de 1980 foram criados os Fundos Constitucionais (1988), constituídos com 3% das arrecadações do Imposto de Renda e proventos de qualquer natureza e do imposto sobre produtos industrializados, destinado ao financiamento dos setores produtivos das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste; fundos de *commodities* (1990) em que se instituíram fundos de investimento destinados à captação de recursos para operações realizadas nos mercados físicos e de liquidação futura de produtos agrícolas, pecuárias e agroindustriais<sup>2</sup>; a “63 Rural”, criada pela modificação da Resolução Bacen n.º 63, de 1967, com o objetivo de captar recursos externos para o financiamento da atividade rural; Recursos (Fundo) Extramercado (1994), constituída pela disponibilidade das entidades da administração federal indireta e das fundações

---

<sup>2</sup> De acordo com os autores, pouco desses recursos foi aplicado no setor agrícola.

supervisionadas pela União. Os Depósitos Especiais Remunerados (DER), criados em 1991, utilizavam recursos dos ativos financeiros de pessoas físicas e jurídicas congelados pelo Plano Collor. Deveriam ser aplicados de 10 a 20% dos saldos do DER em crédito rural, mas essa fonte teve caráter temporário. O FINAME Agrícola, criado no início da década de 1990, é gerenciado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), utiliza recursos do PIS/PASEP e do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e atende empresas de qualquer porte do setor agrícola, inclusive cooperativas e pessoas físicas (GASQUES; VILLA VERDE, 1995).

Uma importante modificação no sistema de financiamento que permitiu a utilização de fontes alternativas foi a criação da Equalização das Taxas de Juros (ETJ) pela lei 8.427/92. A ETJ é uma ação destinada à cobertura do diferencial de taxas entre o custo de captação dos recursos pelas instituições financeiras oficiais, acrescido dos custos administrativos e tributários dessas instituições, e os encargos cobrados do tomador final do crédito (BRASIL, 2005a). A ETJ permitiu que parte dos recursos do Crédito Rural fosse captada no mercado financeiro, aumentando o volume de recursos disponível aos agricultores. Além disso, foi instituído o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), pela resolução 2.191/95, cujos juros iniciais eram de 6,5% ao ano e, atualmente, variam de 1% a 5,5% (BRASIL, 2005b). A criação do PRONAF objetivou garantir o acesso dos produtores familiares ao crédito, o que é fundamental para a adoção de tecnologias e modernização do processo produtivo.

A criação do PRONAF, em 1995, veio atender uma grande parcela de pequenos agricultores que até então tinham pouco acesso ao crédito rural. Considerando o número de contratos realizados com financiamento do PRONAF, o número de pequenos produtores atendidos aumentou em 2004 cerca de dez vezes em relação ao ano de 1995 (DI SABBATO, 2005). O PRONAF melhorou a distribuição dos recursos, de uma maneira geral, mas sua contribuição é pequena, devido ao baixo volume de recursos em relação à agricultura comercial. A participação do PRONAF no crédito total é em média 12% do total de recursos, enquanto, no número de contratos é de cerca de 30% (BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN, vários anos).

Com a implantação do Plano Real, em 1994, houve incentivos à produção por meio do Crédito Rural e PGPM, mantendo-se a equivalência produto, o que levou a uma safra recorde em 1995 (REZENDE, 2003a). Além disso, a incerteza com relação ao plano de estabilização elevou os preços da terra e dos produtos agrícolas, aumentando

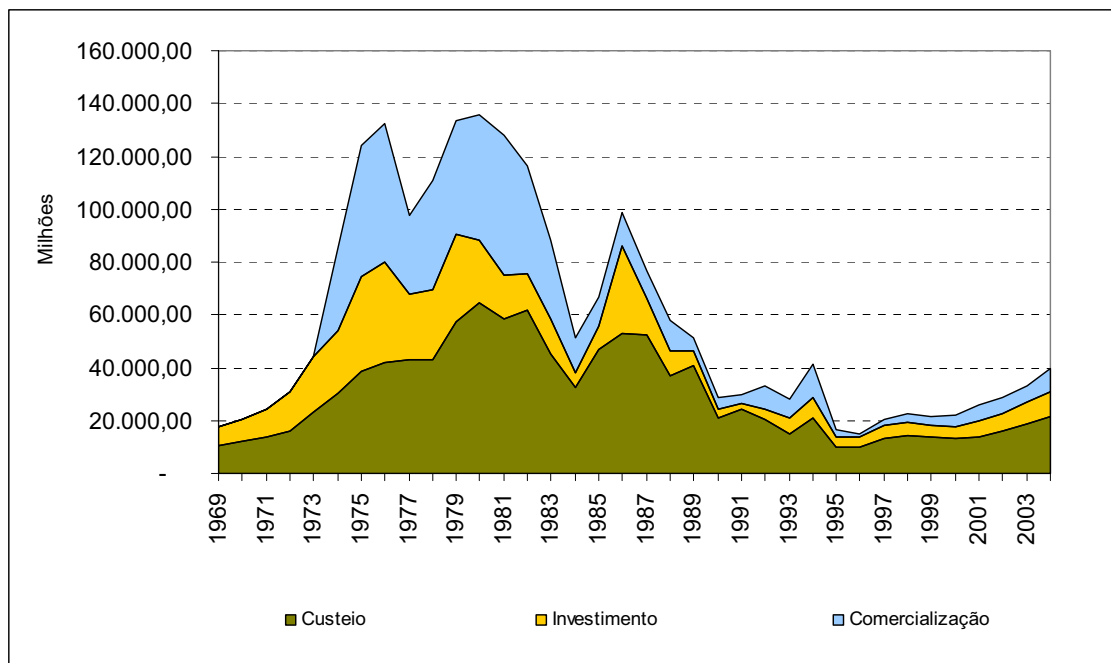
os investimentos na agricultura nos anos de 1995/96. Com o sucesso do plano e as altas taxas de juros, os preços agrícolas caíram, provocando uma das crises mais sérias do setor (HELFAND, 2001). Com os elevados estoques públicos e privados, devido à facilidade de importação e à não-correção dos preços mínimos, houve uma redução nos preços agrícolas, levando a um endividamento por parte do setor da ordem de 4 bilhões no primeiro ano do Plano Real (REZENDE, 2003a).

Apesar do endividamento ocorrido naquele ano, a estabilização e o controle da inflação tiveram impactos positivos para o crédito destinado ao setor agropecuário no sentido de aumentar a disponibilidade dos depósitos à vista, que elevaram a disponibilidade de recursos para o financiamento rural. Recursos da Poupança Rural, FAT e recursos obrigatórios, juntos, passaram a representar cerca de 80% do volume total disponibilizado. Com relação a mecanismos alternativos de financiamento, foi criada a Cédula do Produto Rural (CPR) em 1994, porém ainda com baixa participação no total financiado. Outros mecanismos alternativos são o microcrédito e o crédito cooperativo, mas que apresentam experiências pontuais. O volume de crédito rural disponibilizado no final da década de 1990 representava cerca de 30% do volume disponibilizado pelo SNCR no seu auge (GASQUES; SPOLADOR, 2003).

Em 2004 foram criados outros mecanismos de financiamento da agricultura, como o Certificado de Depósito Bancário (CDA), *Warrant* Agropecuário (WA), Certificado de Direitos Creditícios do Agronegócio (CDCA), Letra de Crédito do Agronegócio (LCA) e o Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA). A criação desses novos mecanismos visa aumentar a participação da iniciativa privada no financiamento do setor agrícola, consolidando a redução da participação dos recursos públicos como fonte de recursos para o crédito rural (BACHA et al., 2006).

A Figura 1 apresenta a evolução do crédito rural ao longo do período de 1969 a 2004, em que é possível identificar as mudanças relativas ao volume disponibilizado de crédito e em relação às finalidades de financiamento, custeio, investimento e comercialização. A década de 1970 foi marcada pela expansão do crédito em suas três finalidades, tendo sido o período de maior participação do crédito de comercialização no total disponibilizado. A partir do início da década de 1980, o volume disponibilizado começa a cair de forma lenta até 1984, tendo uma queda brusca em 1985 e recuperando-se novamente em 1986. Neste ano, com a implantação do Plano Cruzado, houve maior liberação de recursos para a agricultura. A partir de 1987, o volume disponibilizado continua se reduzindo até 1995, tendo em 1994 o único ano em que houve uma elevação

no volume de recursos de forma mais marcante, em função do Plano Real. A partir de 1996, ano em que o volume de crédito atinge o patamar mais baixo, os recursos voltam a crescer lentamente.



Fonte: Bacen (vários anos).

Figura 1 – Evolução dos valores de crédito de custeio, investimento e comercialização, 1969 a 2004.

A evolução dos valores disponibilizados e do número de contratos ao longo dos anos é ilustrada na Figura 2. O número de contratos para as finalidades custeio e investimento evoluiu de forma semelhante aos valores disponibilizados; entretanto, no final da década de 1990, o número de contratos aumentou mais que o valor disponibilizado, o que se refletiu em uma redução do valor por contrato. Por outro lado, no crédito de comercialização, pode-se perceber que a queda dos contratos foi maior que a queda no valor disponibilizado, no final da década de 1980, representando um aumento do valor dos contratos no final dessa década em relação ao período inicial. Já no final da década de 1990, o aumento do valor disponibilizado para crédito de comercialização cresceu mais rapidamente que o número de contratos, aumentando o valor médio por contrato.

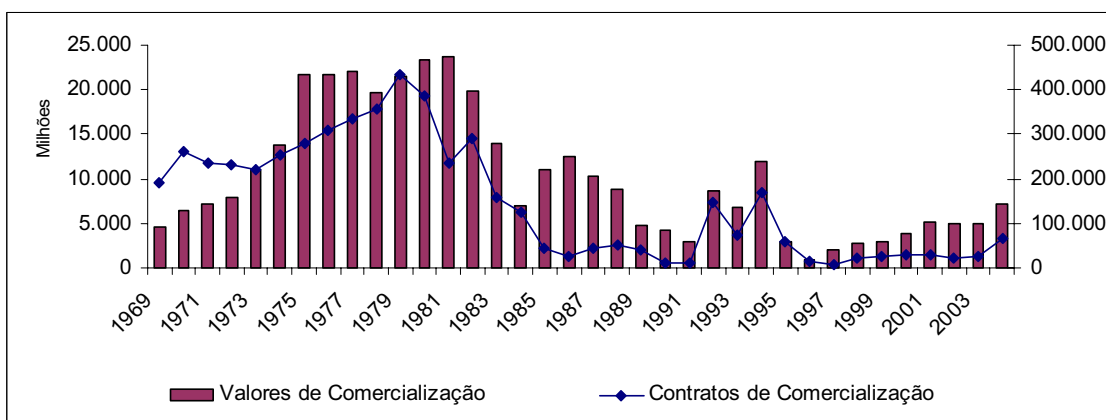
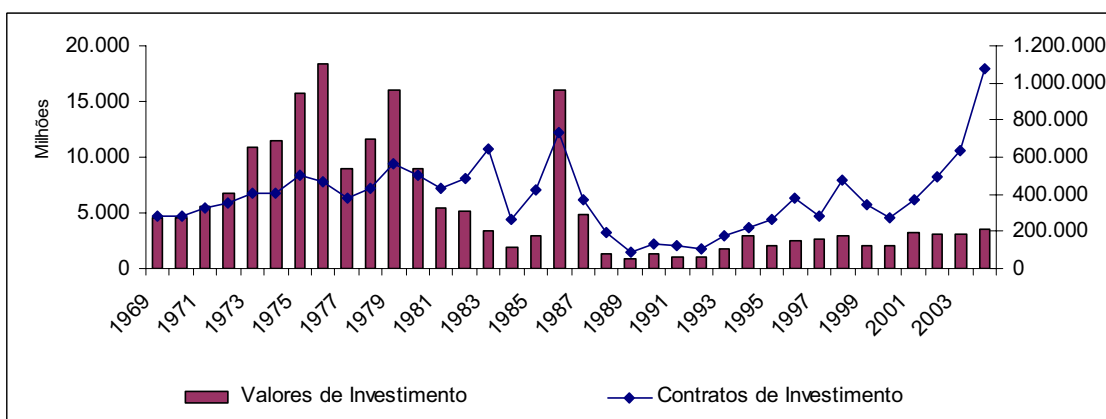
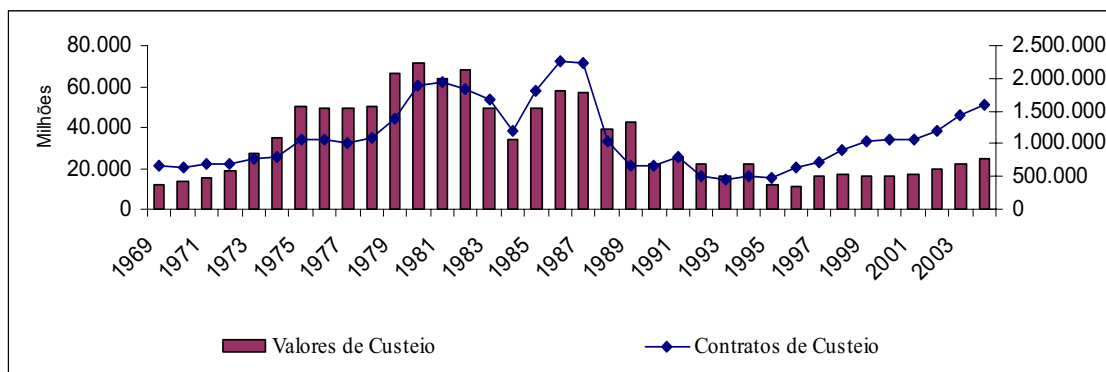


Figura 2 – Evolução dos valores de disponibilizados e do número de contratos de crédito de custeio, investimento e comercialização, 1969 a 2004.

## 1.2. A oferta agrícola

Na década de 1970, o desempenho agrícola esteve de certa forma associado ao elevado volume de recursos do crédito. De acordo com Araújo e Meyer (1979), o uso de fertilizantes cresceu 550% de 1966 a 1976 e o número de tratores elevou-se de 6.200 em

1967 para 62.000 unidades em 1975. Apesar de a parcela desse crescimento atribuída ao crédito poder estar superestimada, é evidente a correlação positiva entre crédito de custeio/fertilizantes e crédito de investimento/tratores.

Simon (1992) analisou a relação do crédito rural com a aquisição de alguns insumos. O crédito rural apresentou correlação positiva com o consumo de insumos modernos na década de 1970, o que, porém, não aconteceu no início da década de 1980. Neste período, o consumo de fertilizantes, defensivos e tratores não apresentaram correlação significativa com o número de contratos de financiamento. Isso também ocorre para a expansão das áreas de arroz, cana, feijão, milho, soja e trigo. O crédito também esteve correlacionado com a produção dessas culturas, à exceção do feijão, ressaltando-se que o rendimento esteve correlacionado positivamente apenas para as culturas amendoim, cana, milho e soja. Algodão, arroz, feijão e trigo apresentaram correlação negativa com relação do rendimento com o crédito.

No início da década de 1980, apenas a área e produção de amendoim e área do arroz apresentaram correlação positiva. Nas demais culturas, a correlação foi baixa ou negativa. De acordo com o autor, no início da década de 1980, o processo de modernização continuou, mas com maior participação de recursos próprios (SIMON, 1992). Apesar da redução do volume de crédito disponibilizado ocorrida neste período e das mudanças macroeconômicas (incluindo os planos de estabilização), o setor agropecuário cresceu a uma taxa anual de 3,2%, contra 1,3% de crescimento anual da indústria (REZENDE, 2003b). De acordo com Goldin e Rezende (1993), o crescimento do setor agropecuário em meio a um período de tanta instabilidade teve a contribuição da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM). O aumento na eficácia da PGPM, aliado ao fato de esta política ser mais abrangente, atingindo também produtores que não se beneficiavam do crédito rural, contribuiu para garantir o crescimento do setor agrícola numa década marcada pela instabilidade econômica.

Para Gasques e Villa Verde (1995), as razões para o crescimento foram a redução do custo de produção, pesquisa agropecuária, que permitiu a utilização de novos cultivares mais produtivos e adaptados às áreas de expansão, levando a aumentos de produtividade. Apesar da redução do volume de crédito e dos subsídios, ocorridos ao longo da década, a Política de Garantia de Preços Mínimos contribuiu para manter relações de troca favoráveis do setor. Neste período, o crescimento da produção se deu mais em razão do aumento de produtividade do que devido a expansões de área.

O setor agrícola, após um período de crescimento na maior parte da década de 1980, teve a renda agrícola nos anos de 1989/90 e 1990/91 diminuída, em face da grande instabilidade de preços e da inflação no final da década, decorrentes dos planos de estabilização e indexação da moeda. Os planos de estabilização no final da década de 1980 e início da década de 1990 levaram a ciclos nos preços da terra e das *commodities*. Por ocasião do lançamento dos planos, os preços dos títulos financeiros caíram, levando a uma valorização da terra e dos produtos agropecuários, principalmente gado. Com o fracasso dos planos, os títulos se valorizaram novamente, e os preços dos produtos agrícolas e da terra caíram, causando problemas financeiros no setor (HELFAND, 2001). A subordinação dos instrumentos de PGPM e de Crédito Rural aos objetivos de estabilização, junto com condições desfavoráveis, levou a uma redução na safra de 1989/90, com posterior queda na safra 1990/1991 (REZENDE, 2003a).

A implantação do Plano Real resultou em alguns fatores desfavoráveis ao setor, como as elevadas taxas de juros praticadas, valorização do câmbio e redução de tarifas de importações de alguns produtos, importações financiadas e reduzido crescimento interno. Esses fatores afetaram negativamente os preços agrícolas, o valor da produção, o custo do crédito e o valor do endividamento acumulado nos anos anteriores, além da redução do preço da terra. Por outro lado, alguns produtos tiveram preços favoráveis no mercado internacional, bem como redução do preço de fertilizantes, defensivos e insumos agrícolas, compensando em parte os efeitos negativos ocorridos na década. Além disso, houve aumento da produtividade, parte em função da redução dos preços dos insumos, parte em função de inovações tecnológicas advindas da abertura comercial e parte em função da necessidade de melhorar a eficiência numa situação adversa. A Lei Kandir, os novos instrumentos de comercialização e o PRONAF foram políticas que também beneficiaram o setor. Por outro lado, o autor critica ao abandono de políticas de formação de estoques como o EGF e AGF (HOMEM DE MELO, 1999).

De acordo com Gasques et al. (2004), a década de 1990 foi marcada por várias mudanças macroeconômicas que afetaram diretamente a agricultura: redução das tarifas de importação para alguns produtos agrícolas, como também para importação de fertilizantes químicos; eliminação dos impostos de exportação, no início da década e em 1996; mudanças na política de preços mínimos, com a criação de instrumentos mais compatíveis com uma economia aberta; redução da participação do governo no financiamento agrícola e consolidação de maior participação de fontes alternativas de recursos para o crédito rural; e maior envolvimento da agroindústria de insumos no

processo de financiamento da agricultura, apresentado-se como fonte alternativa de financiamento, de forma complementar ao financiamento público. Um fator importante ocorrido no início da década é a melhora das relações de troca: de 1993 a 2002, as relações de troca passam a se situar num patamar mais elevado do que de 1976 para 1992.

A década de 1990 foi marcada pela estagnação da área cultivada com grãos, com exceção da soja, que apresentou uma tendência de aumento da área plantada. A partir de 2002, após a desvalorização cambial, quando os preços internacionais voltaram a subir, iniciou-se então uma rápida expansão da área cultivada com grãos, especialmente com soja. Essa cultura teve sua área expandida em 39,8% nas regiões Sul e Sudeste e 66,1% na região Centro-Oeste. Esta rápida expansão não tem concorrido com a produção de grãos tradicionais, que também tiveram sua área cultivada aumentada, mas teria sido devida à utilização de áreas de pastagens degradadas, uma vez que ocorreu rapidamente, aproveitando as condições favoráveis. Um fator que contribuiu para esta rápida expansão teria sido o aumento dos recursos para investimento com a criação do FINAME especial e do Programa de Modernização da Frota de Tratores e Máquinas Agrícolas (MODERFROTA), a partir do ano agrícola 2000/2001 (BRANDÃO et al., 2005).

O desempenho do setor agropecuário nos últimos anos tem sido acompanhado pelo agronegócio como um todo. O PIB do agronegócio apresentou um crescimento superior ao PIB nacional ao longo da década de 1990 e início dos anos 2000, principalmente de 1999 a 2002, em que o PIB total cresceu 2,32%, enquanto o do agronegócio 4,29%. Este crescimento se reflete na demanda por insumos que teve incremento após meados desta década. Além da maior demanda de insumos, tem havido uma melhora na Produtividade Total dos Fatores (PTF), que é um indicador que relaciona todos os produtos da agropecuária e todos os insumos utilizados no processo produtivo. O crescimento da PTF na década de 1990 (4,88%) foi maior que nos períodos anteriores, inclusive do final da década de 1970 (3,62, de 1975 a 1979). No período de 2000 a 2002, o crescimento foi ainda mais expressivo, de 6,04%.

A Tabela 1 apresenta os dados relativos à produção média por período das culturas analisadas nesta pesquisa, nos anos agrícolas 1976/77 a 2005/06, para o Brasil e por região. Com exceção de milho e soja, todas as culturas analisadas tiveram sua área reduzida no período recente (2001-05) em relação ao período inicial (76-80) para o Brasil como um todo. A maior redução se deu para algodão, que no período 2001-05



teve uma área cultivada equivalente a 23% da área cultivada no final da década de 70. Apesar da redução da área cultivada, todas as culturas tiveram sua produção aumentada ao se comparar os períodos 2001-05 com o período 1976-80. Algodão, arroz, feijão e trigo tiveram aumentos de 67%, 40%, 42% e 75%, devido a aumentos de produtividade. Milho e soja tiveram um crescimento maior ainda, já que, além do aumento de produtividade, a área cultivada com estas culturas também aumentou. Os aumentos correspondem a 141% no caso do milho e 303% no caso da soja.

Tabela 1 – Evolução da produção das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, no período analisado, média por subperíodo

Produto/região	76-80	81-90	91-00	01-05	PF/PI* (%)
<b>Algodão - Área (mil ha)</b>					
Norte	0,00	15,96	13,23	1,58	** 10,0
Nordeste	3.162,92	1.823,94	368,48	250,40	8,0
Centro-Oeste	102,20	120,33	269,70	529,78	518,0
Sudeste	403,76	438,39	192,84	104,90	26,0
Sul	301,78	447,40	214,81	37,02	12,0
Brasil	3.970,66	2.846,02	1.059,06	923,68	23,0
<b>Algodão - Produção (mil t)</b>					
Norte	0,00	14,16	16,42	4,66	** 33,0
Nordeste	495,42	404,83	191,07	614,70	124,0
Centro-Oeste	120,52	198,90	658,47	1.801,09	1.494,0
Sudeste	573,70	670,41	299,49	258,71	45,0
Sul	460,56	803,73	344,27	71,35	15,0
Brasil	1.650,20	2.092,03	1.509,72	2.750,52	167,0
<b>Arroz - Área (mil ha)</b>					
Norte	241,04	395,40	552,27	558,56	141,0
Nordeste	1.208,04	1.278,31	953,50	757,61	63,0
Centro-Oeste	2.447,94	1.666,39	819,24	711,94	29,0
Sudeste	1.020,40	876,43	420,86	138,94	14,0
Sul	1.114,12	1.082,65	1.157,85	1.240,44	111,0
Brasil	6.031,54	5.299,18	3.903,72	3.407,49	56,0

Continua...

Tabela 1, Cont.

Produto/região	76-80	81-90	91-00	01-05	PF/PI* (%)
<b>Arroz - Produção (mil t)</b>					
Norte	339,78	574,42	991,24	1.245,29	217,0
Nordeste	1.339,92	1.398,68	1.262,08	1.125,28	84,0
Centro-Oeste	2.573,86	2.032,66	1.672,05	1.943,28	76,0
Sudeste	1.211,46	1.437,91	777,29	334,42	28,0
Sul	2.966,56	4.191,19	5.615,75	7.157,80	241,0
Brasil	8.431,58	9.634,86	10.318,41	11.806,07	140,0
<b>Feijão - Área (mil ha)</b>					
Norte	46,10	149,39	229,69	171,10	371,0
Nordeste	2.052,76	2.485,86	2.474,11	2.382,98	116,0
Centro-Oeste	337,16	350,38	209,69	199,52	59,0
Sudeste	1.132,52	1.174,66	797,72	670,62	59,0
Sul	1.249,12	1.364,89	1.097,21	797,50	64,0
Brasil	4.817,66	5.525,18	4.808,42	4.221,72	88,0
<b>Feijão - Produção (mil t)</b>					
Norte	26,26	85,62	133,05	125,98	480,0
Nordeste	626,80	737,07	903,82	925,92	148,0
Centro-Oeste	144,92	156,38	225,81	361,78	250,0
Sudeste	604,76	695,30	700,95	814,62	135,0
Sul	813,36	789,26	881,83	908,30	112,0
Brasil	2.216,10	2.463,63	2.845,46	3.136,60	142,0
<b>Milho - Área (mil ha)</b>					
Norte	145,03	339,11	574,23	445,48	307,0
Nordeste	2.532,00	2.995,15	2.744,28	2.868,80	113,0
Centro-Oeste	1.061,46	1.427,32	1.891,43	2.506,74	236,0
Sudeste	2.978,16	3.030,48	2.673,61	2.449,74	82,0
Sul	4.864,20	5.221,21	5.152,25	4.668,02	96,0
Brasil	11.580,85	13.013,27	13.035,80	13.047,24	113,0
<b>Milho - Produção (mil t)</b>					
Norte	164,11	466,84	919,66	1.109,78	676,0
Nordeste	1.213,36	1.387,95	2.197,63	3.119,62	257,0
Centro-Oeste	1.862,52	3.566,00	6.444,10	9.939,16	534,0
Sudeste	5.375,68	7.019,17	8.109,22	10.200,94	190,0
Sul	9.485,48	11.195,60	16.301,57	19.316,68	204,0
Brasil	18.101,15	23.635,56	33.972,18	43.686,18	241,0

Continua...

Tabela 1, Cont.

Produto/região	76-80	81-90	91-00	01-05	PF/PI* (%)
<b>Soja - Área (mil ha)</b>					
Norte	0,00	15,62	37,42	346,52	** 2.218,0
Nordeste	0,00	173,03	629,48	1.323,66	** 765,0
Centro-Oeste	812,20	2.775,68	4.484,89	9.258,46	1.140,0
Sudeste	659,00	930,62	1.108,48	1.644,32	250,0
Sul	6.593,80	6.021,20	5.666,72	7.884,50	120,0
Brasil	8.065,86	9.916,15	11.926,99	20.457,46	254,0
<b>Soja - Produção (mil t)</b>					
Norte	0,00	25,66	81,97	902,74	** 3.518,0
Nordeste	0,00	228,34	1.302,14	3.139,36	** 1.375,0
Centro-Oeste	1.233,08	5.419,98	11.378,91	25.095,44	2035,0
Sudeste	1.079,80	1.771,51	2.455,93	4.190,18	388,0
Sul	10.174,56	9.435,19	12.407,09	16.946,68	167,0
Brasil	12.488,64	16.880,68	27.626,04	50.274,38	403,0
<b>Trigo - Área (mil ha)</b>					
Norte	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Nordeste	0,00	0,04	0,00	0,30	-
Centro-Oeste	82,16	247,16	63,97	115,20	140,0
Sudeste	179,58	179,33	30,97	60,90	34,0
Sul	2.754,54	2.473,73	1.430,73	2.154,50	78,0
Brasil	3.016,28	2.900,26	1.525,67	2.330,90	77,0
<b>Trigo - Produção (mil t)</b>					
Norte	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Nordeste	0,00	0,08	0,00	1,50	-
Centro-Oeste	60,44	304,93	78,45	209,84	347,0
Sudeste	142,56	261,86	61,16	155,38	109,0
Sul	2.307,60	3.421,86	2.210,45	4.021,30	174,0
Brasil	2.510,60	3.988,73	2.350,06	4.388,02	175,0

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2008).

\* Área (produção) do período final (01-05) dividido pela área (produção) do período inicial (76-80).

\*\* Considerando o período inicial como sendo o período 89-90.

Apesar de todas as culturas apresentarem um crescimento quando se compara o período final e o inicial, algumas delas apresentaram uma trajetória irregular ao longo do período. Algumas culturas tiveram sua produção diminuída nos períodos intermediários voltando a expandir a produção no final do período analisado.

O algodão teve sua produção reduzida para 1.509,72 mil toneladas na década de 1990. O mesmo acontece com o trigo, em que a produção caiu de 3.988,73 para 2.350,06 mil toneladas. No caso do algodão, os problemas começaram no final da década de 1980 com redução na produção devido a pragas e continuaram no início da década de 1990, com a abertura comercial. O trigo sofreu principalmente com a abertura e com a retirada dos subsídios que tentavam tornar o País autossuficiente na produção deste produto. A recuperação na produção do algodão se deve a uma mudança geográfica na produção. A área cultivada no Centro-Oeste aumentou 518% e a produção nesta região cresceu 1.494%, passando a contribuir com mais de 65% da produção nacional. Quanto ao trigo, apesar de ter tido sua área de cultivo aumentada no Centro-Oeste, sua recuperação se deu principalmente a aumentos da área cultivada e aumentos de produtividade na região Sul, principal produtora.

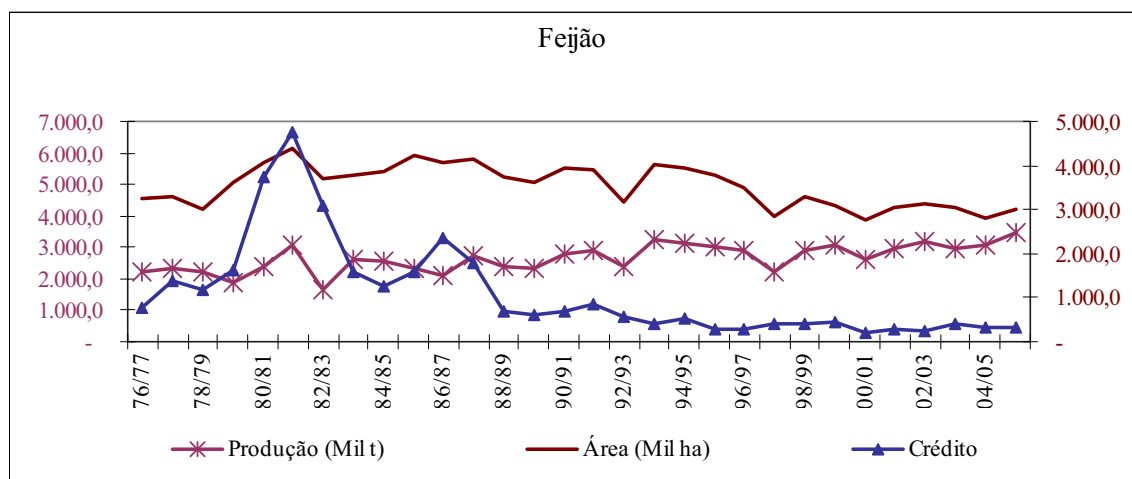
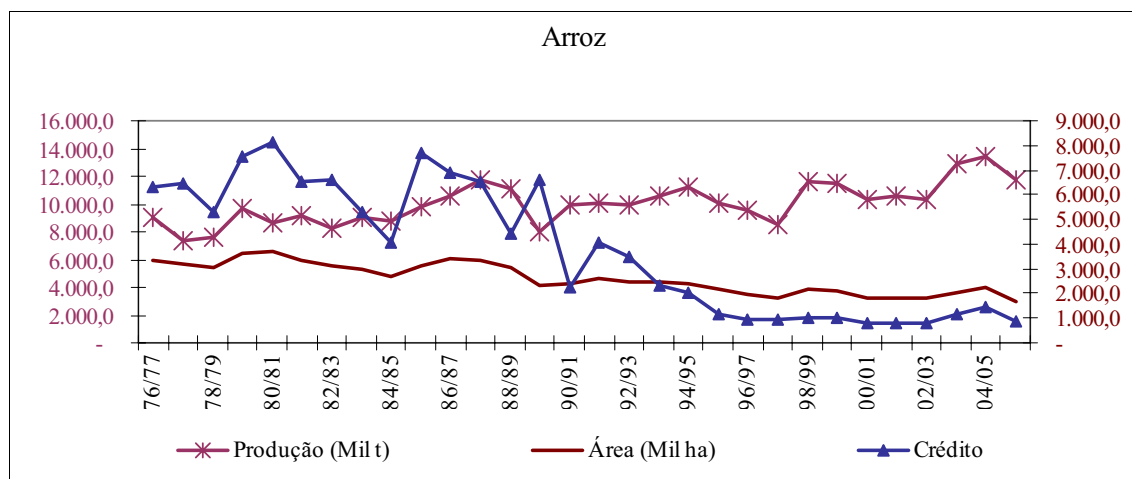
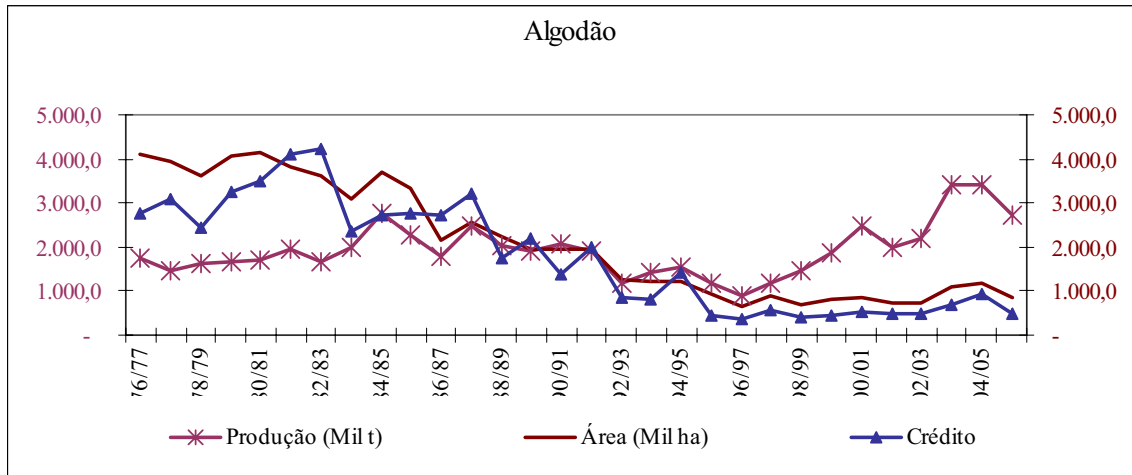
A soja teve no Sul a maior região produtora até a década de 1990. No período de 2001-05, o Centro-Oeste superou essa região em área cultivada e produção. A área cultivada e a produção no Centro-Oeste cresceram 1.140% e 2.035%, respectivamente, em relação ao final da década de 1970, enquanto no Sul esse crescimento foi de apenas 120% e 167%, nesta ordem. As duas regiões respondem por cerca de 80% da produção nacional.

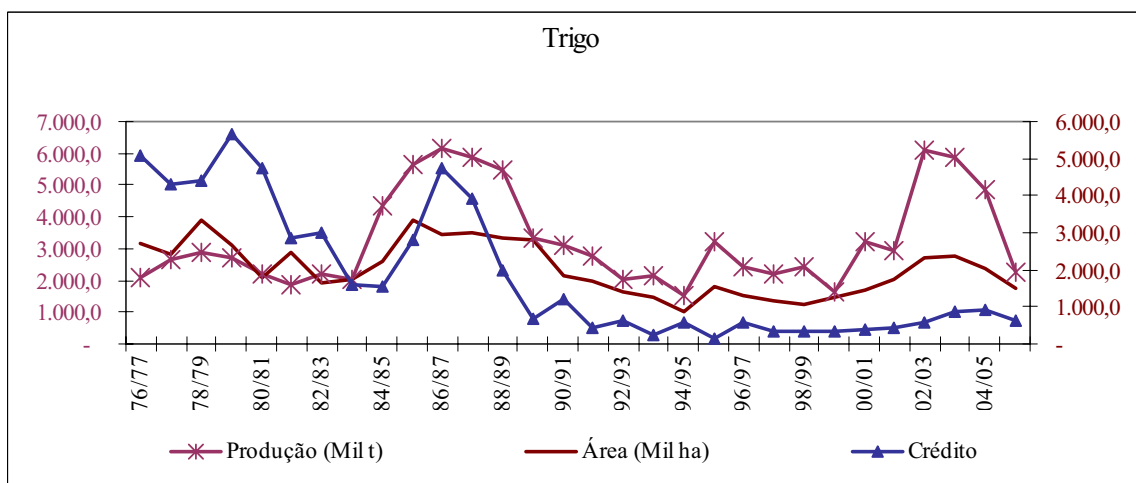
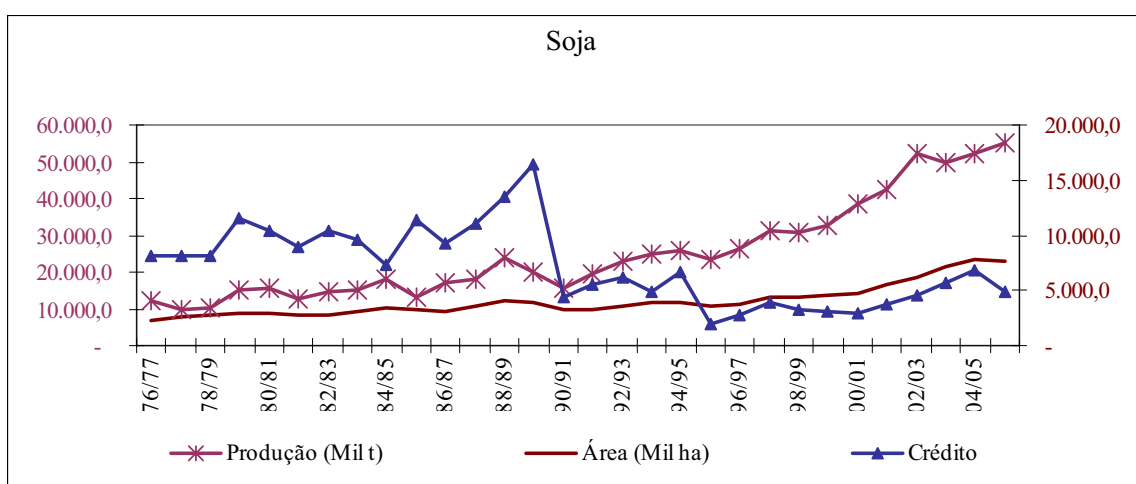
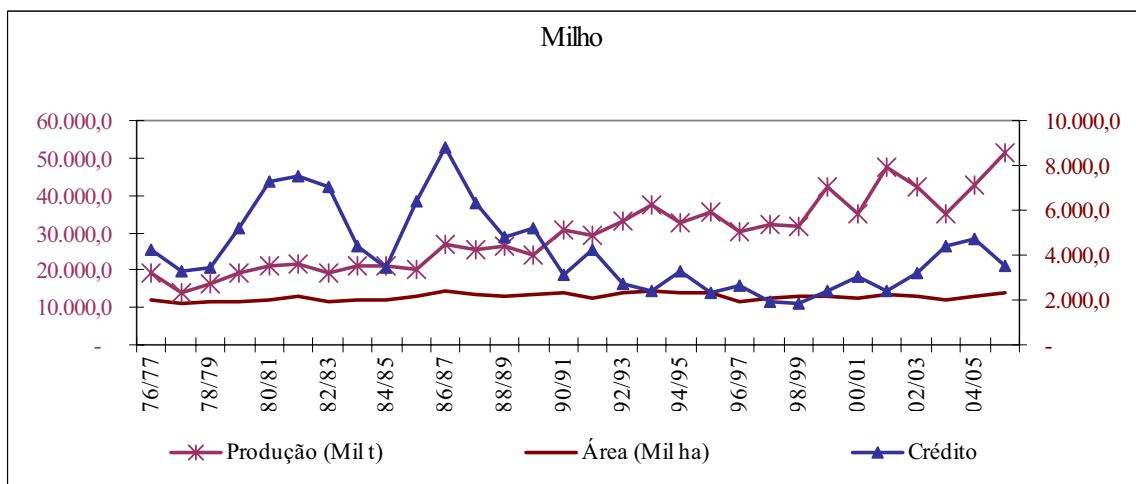
A produção de feijão chama atenção pela baixa produtividade do Nordeste em relação às outras regiões. Enquanto esta região cultiva mais de 50% da área total, sua produção é equivalente à produção das regiões Sudeste e Sul. Outro fator interessante com relação a esta cultura é o crescimento da produção no Centro-Oeste, resultando em ganhos de produtividade para esta cultura.

O Centro-Oeste teve sua área e produção diminuída apenas na cultura do arroz, que tem o Sul como principal região produtora. No caso do milho, não existem mudanças geográficas expressivas quanto à sua produção, mas, ainda assim, a região Centro-Oeste é a que apresentou o segundo maior crescimento em termos de área (236%) e produção (534%), ficando atrás apenas da região Norte, que tem baixa participação no total. No entanto, o Centro-Oeste é muito mais expressivo na produção, contribuindo com mais de 20% da produção atualmente.

Comparando a evolução da produção com a evolução do crédito para as culturas analisadas, verifica-se que, com exceção de alguns períodos, a produção agrícola não apresenta uma trajetória similar à do crédito rural, para a maioria das culturas. A Figura 3 apresenta a evolução da produção e da área cultivada e do crédito

de custeio para as culturas analisadas. Em cada gráfico apresentado na Figura 3, a escala da esquerda refere-se à produção, enquanto a escala da direita refere-se à área cultivada e crédito.





Fonte: Conab (2008) e Bacen(vários anos).

Figura 3 – Evolução da produção, área plantada e crédito de custeio de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, 1976/77 a 2005/06.

Para todas as culturas pode-se perceber a redução do crédito de custeio na década de 1980, quando se iniciou um período de instabilidade do volume disponibilizado. Em 1986/87, o volume volta a crescer para todas elas, voltando a cair no momento seguinte, com exceção do crédito disponibilizado para a cultura da soja. Separando o período em antes de 1990 e após 1990, pode-se perceber que, em média, o volume disponibilizado no primeiro período é maior que no segundo, quando se mantém num patamar mais baixo. A produção, por outro lado, com exceção do trigo e algodão apresenta uma tendência de crescimento ao longo de todo o período.

Apesar da redução do volume de crédito disponibilizado, o crédito rural oficial apresenta em média uma participação importante no Valor Bruto da Produção (VBP)<sup>3</sup>. O trigo apresenta maior participação média do crédito no VBP, equivalente a 60%, chegando a mais de 100% no período inicial. Em seguida tem-se o algodão, arroz e soja, com 40%, e o milho, com 30%. O feijão tem a menor participação média equivalente a 10% do VBP. Considerando a participação média para as seis culturas em conjunto, o crédito rural oficial teve uma participação ao longo do período de 40% do VBP total das culturas analisadas.

A participação do crédito no custo de produção é mais difícil de se obter, já que não se tem disponíveis os dados de custo de produção agregados. Uma aproximação dessa participação foi feita com base na de Matriz de Contabilidade Social utilizada por Figueiredo (2007), para o ano de 1999. O crédito de custeio destinado à agricultura participa com cerca de 32% no consumo intermediário e nas importações do setor agrícola. Este cálculo não leva em conta as despesas com mão-de-obra e remuneração do capital e permite ter uma idéia da participação do financiamento oficial no custo dos insumos intermediários do processo produtivo do setor agrícola. Levando-se em conta o crédito de custeio oficial total destinado à agricultura – custeio, comercialização e investimento –, essa participação sobe para cerca de 37%. No entanto, quando se considera também a pecuária, a participação do financiamento do crédito oficial cai para cerca de 20-25%.

As culturas analisadas nesta pesquisa receberam em média, no período de 1969 a 2004, 62% do total do crédito de custeio oficial disponibilizado para a agricultura (excluindo-se o valor disponibilizado para a pecuária). Soja, milho e arroz são as culturas que tiveram maior participação, com 21%, 13% e 12%, respectivamente;

---

<sup>3</sup> O VBP foi calculado tomando-se a produção total multiplicada pela média anual dos preços correntes, para cada ano agrícola.

algodão e trigo receberam 6%; e feijão, apenas 3%. Considerando-se apenas o período a partir de 1996, quando se consolidaram as mudanças com relação às fontes de financiamento, a participação dessas culturas se altera: soja passou a receber 25,13% e o milho, 16,66%. A participação do arroz é de 6,5%, enquanto que algodão e trigo é de cerca de 3% e a de feijão, de 1,99%. Neste período, algodão, milho, soja e trigo receberam uma parcela de crédito de custeio maior que as respectivas participações no VBP, que são de 2,48, 11,86, 21,19 e 1,46, respectivamente. A cultura do arroz tem uma participação na distribuição do crédito equivalente à sua participação no VBP; já a participação do feijão no crédito de custeio é inferior à sua participação no VBP, cerca de 4% (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios disponibilizados por cultura selecionada, por subperíodo, porcentagem em relação ao crédito total de custeio, incluindo a participação do valor bruto da produção por cultura em relação ao VBP total para o período 1996-2004

Cultura	Crédito rural			VBP 96-04
	1969-1986	1987-1995	1996-2004	
Algodão	7,82	6,16	3,49	2,48
Amendoim	0,83	0,32	0,13	0,21
Arroz	13,44	13,24	6,50	6,03
Cacau	1,08	0,51	0,01	0,91
Café	11,39	5,46	6,14	8,14
Cana-de-açúcar	8,37	9,26	3,45	14,64
Feijão	3,22	3,53	1,99	4,04
Fumo	1,09	1,78	4,00	2,64
Mandioca	1,14	0,92	0,92	5,25
Milho	11,11	14,09	16,66	11,86
Soja	15,84	24,36	25,13	21,19
Trigo	7,76	4,50	3,29	1,46
Subtotal 1	83,09	84,13	71,70	78,86
Subtotal 2	59,19	65,88	57,05	47,07
Outras culturas	16,91	15,87	28,30	21,14
Total custeio	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Bacen (vários anos) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008).

Obs.: *Subtotal 1*: Total das culturas especificadas na tabela. *Subtotal 2*: Total das seis culturas analisadas nesta pesquisa: algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo. Os subperíodos estão divididos de acordo com as mudanças mais marcantes na política de crédito.



### 1.3. O problema e sua importância

O programa de crédito rural foi criado com o objetivo de aumentar a produção agrícola, incentivando a formação de capital e o financiamento da produção, da comercialização e adoção de tecnologia, bem como fortalecendo principalmente os pequenos e médios produtores. Com o passar dos anos, o volume total de recursos disponibilizados e a transferência realizada por meio dos subsídios diminuíram. Além disso, grande parte dos recursos tem sido destinada a grandes produtores. Considerando que a produção agrícola tem aumentado ao longo dos anos, a despeito da redução do volume de crédito oficial, questiona-se se o programa de crédito rural tem atingido seus objetivos de expandir a oferta agrícola e de promover a adoção de tecnologias modernas no setor.

A maior parcela dos recursos do crédito rural é destinada ao crédito de custeio, que representa em média, para o período 1969-2004, cerca de 57% dos recursos disponibilizados (Tabela 3). Esta modalidade de crédito contribui para aumentar o volume de recursos disponíveis para a aquisição de insumos por parte do produtor (dispêndio total). Permite ainda que sejam adquiridos insumos modernos, como fertilizantes e defensivos. Sua contribuição no aumento da produção pode se dar não só pela maior disponibilidade de insumos, como também pelo aumento da produtividade, no caso em que o produtor passa a adquirir insumos de melhor qualidade. O crédito de investimento teve sua maior participação no período inicial quando, em média, atingiu 24% do crédito total disponibilizado, tendo recebido 22% dos recursos. A redução do volume de crédito destinado a esta modalidade, no início da década de 1980, diminuiu o incentivo à modernização da atividade agropecuária (ALVES, 1993).

A distribuição dos recursos se constitui numa das principais críticas ao programa. Primeiro, pelo fato de esses recursos não estarem disponíveis a todos os produtores. Segundo, pelo fato de grande parte deles estar concentrada nos grandes produtores ou em um número reduzido de contratos. Na década de 1970, mesmo quando o volume de recursos chegou a atingir valores maiores que o Valor Bruto da Produção, o Censo Agropecuário de 1975 apontava o número de produtores beneficiados como sendo de 15% apenas (ARAÚJO, 1983). No período de 1987 a 1995, cerca de 28% do crédito era destinado a 5% dos produtores. De 2001 a 2004, 28,11% do crédito rural foi distribuído a 0,27% dos contratos (Tabela 4).

Tabela 3 – Participação dos valores disponibilizados e do número de contratos em relação ao total, de acordo com a finalidade e atividade, em porcentagem (média por subperíodo e de todo o período)

Finalidade da atividade	1969-1986		1987-1995		1996-2004		1969-2004	
	Valor	Contrato	Valor	Contrato	Valor	Contrato	Valor	Contrato
Custeio agrícola	46,3	58,2	63,7	72,3	52,3	60,0	50,1	60,9
Custeio pecuária	6,1	6,5	4,6	4,0	10,8	7,9	6,4	6,5
Custeio	52,4	64,7	68,4	76,3	63,1	67,9	56,5	67,4
Investimento agrícola	13,5	13,9	10,4	9,3	10,9	8,8	12,6	11,9
Investimento pecuário	10,6	8,8	4,5	8,2	9,8	21,6	9,4	11,8
Investimento	24,1	22,7	15,0	17,4	20,7	30,4	22,0	23,7
Com. agrícola	18,0	5,5	16,2	6,2	13,5	1,1	17,1	4,6
Com. pecuária	5,6	7,1	0,4	0,1	2,6	0,6	4,3	4,3
Comercialização	23,6	12,6	16,6	6,3	16,1	1,7	21,4	8,9
Crédito agrícola	77,7	77,6	90,4	87,8	76,8	69,9	79,9	77,4
Crédito pecuário	22,3	22,4	9,6	12,2	23,2	30,1	20,1	22,6
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Bacen (vários anos).

Tabela 4 – Distribuição percentual dos recursos do crédito rural por valores de contratos, 2001 a 2004, para agricultura comercial e agricultura comercial mais PRONAF

	Agricultura comercial			Agricultura comercial + PRONAF		
	Valor	Contrato	Valor/Cont.	Valor	Contrato	Valor/Cont.
	100,00	100,00	18.082,3	100,00	100,00	13.399,12
0 – 60.000,00*	39,60	95,62	7.486,0	45,57	97,07	6.289,81
60.000,01-150.000,00	19,45	3,31	108.300,6	17,52	2,21	108.300,59
150.000,01-300.000,00	9,76	0,66	273.574,7	8,81	0,45	273.574,73
Acima de 300000,00	31,19	0,41	1.448.166,2	28,11	0,27	1.448.166,21

Fonte: Bacen (vários anos).

Para os anos 2001 e 2002 a primeira faixa era de 0,00 a 40.000,00 e a segunda de 40.001,00 a 150.000,00.

A análise do impacto do crédito na produção agropecuária apresenta algumas dificuldades em função das particularidades do programa e da atividade agrícola, das distorções na aplicação dos recursos e dos benefícios dele advindos. Alguns benefícios do crédito, como a formação de capital, podem ter efeitos no longo prazo, dificultando a sua mensuração. Mesmo o crédito de custeio pode estimular a adoção de tecnologia,

fazendo com que os benefícios oriundos do financiamento de custeio se prolonguem por mais de um período. A substituição de recursos próprios pelos recursos oficiais do crédito, também chamada fungibilidade, leva a uma redução da eficiência na aplicação dos recursos. Por outro lado, mesmo quando utilizado no aumento da aquisição de insumos, seu impacto na produção pode não ser sentido devido a condições exógenas, como o clima.

A fungibilidade do crédito é importante fator a ser considerado e que afeta a sua eficiência. Normalmente se assume que todo crédito é usado no setor e que isto afetará a produção. Os estudos econométricos tendem a usar duas formas para analisar os impactos do crédito: tomando o crédito como um insumo, uma vez que é usado para comprar insumos utilizados no processo produtivo; no entanto, ao fazer isso, pode-se estar incorrendo em “dupla contagem”, já que está se levando em conta tanto os valores de crédito quanto os insumos que ele estaria comprando. Outra forma seria medir o impacto do crédito na demanda de insumos, mas desse modo não se estaria medindo o seu impacto na produção (DAVID; MEYER, 1983).

Alguns fatos ocorridos durante o período analisado apontam para a necessidade do financiamento agrícola. Simon (1992) mostra que o consumo de fertilizantes no final da década de 1970 está correlacionado com o crédito rural. De acordo com Araújo e Meyer (1979), o crescimento do consumo de fertilizantes e do número de tratores na década de 1970 seria em grande parte consequência do aumento do volume de crédito. Na década de 1980, começaram os planos de estabilização que, de certa forma, contribuíram para o endividamento do setor agrícola, além do volume de crédito ter decrescido. Deu-se início a um longo processo de renegociação das dívidas dos produtores rurais inadimplentes com o Sistema Nacional de Crédito Rural, originando programas de refinanciamento das dívidas, como os programas de securitização e o Programa Especial de Saneamento de Ativos (PESA) (DEL GROSSI; SILVA, 2008). No entanto, Villa Verde (2000), com base nos dados do Censo Agropecuário de 1995, conclui que o setor agrícola tem capacidade de cumprir com os financiamentos contraídos.

Se por um lado existem fatores que indicam a importância do crédito para o setor agrícola, por outro percebe-se que a produção agrícola cresceu a despeito da redução da disponibilidade do crédito oficial e com todas as modificações sofridas pelo programa, ocorridas principalmente nas décadas de 1980 e 1990. O crescimento da produção se deu mais em função de aumentos de produtividade, que implica adoção de

tecnologias modernas. Se a modernização da agricultura continuou, mesmo tendo o financiamento oficial reduzido sua participação, o desenvolvimento do setor agrícola teve importante contribuição de recursos próprios dos produtores e, ou, do financiamento privado. Isso não significa, porém, que o crédito rural oficial não tenha sido importante para o setor.

Uma alternativa para se avaliar a importância do financiamento na atividade agropecuária é verificar se o setor possui, de fato, limitação no dispêndio total<sup>4</sup> disponível para a compra de insumos. Ou seja, os produtores desejam ofertar a quantidade de produto que maximiza o lucro mas não o fazem por não terem recursos financeiros suficientes para adquirir a quantidade ótima de insumos. Nesse caso, deve-se encontrar a melhor combinação de insumos que seu orçamento permita comprar, resultando na maior produção possível, dada a restrição. Na situação apresentada, um programa de crédito permitiria aos produtores aumentar a quantidade de insumos adquirida e, conseqüentemente, a produção. Entretanto, se os produtores não enfrentam restrições, aumenta-se a possibilidade da ocorrência da fungibilidade: o crédito rural, mesmo se aplicado corretamente na atividade, não traria efeitos sobre a oferta de produtos. No caso de o setor agrícola enfrentar restrições, um programa de crédito poderá ter um impacto positivo na produção, uma vez que disponibilizará maior volume de recursos para a aquisição de insumos, permitindo aos produtores aumentar a sua produção.

#### **1.4. Hipótese**

Os produtores rurais possuem recursos limitados, de modo que necessitam financiamento para adquirir a quantidade de insumos necessária para a produção.

---

<sup>4</sup> O dispêndio total corresponde à quantidade de recursos disponível para pagar os insumos utilizados no sistema produtivo. De acordo com a teoria, se o produtor tem recursos suficientes, ele maximiza o lucro, utilizando as quantidades ótimas de insumos. Caso contrário, não havendo recursos suficientes para utilizar as quantidades ótimas, ele minimiza o custo de se produzir determinada quantidade.

## **1.5. Objetivos**

Determinar a resposta da produção das culturas algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo às variações do dispêndio total no período 1976-2005.

Especificamente, pretende-se:

- a) Determinar a resposta da oferta das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo aos preços dos produtos e dos insumos e ao dispêndio total.
- b) Determinar a resposta da demanda de fertilizantes, defensivos e mão-de-obra aos preços dos produtos e insumos e ao dispêndio total.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa considera uma função de lucro multiproduto, multi-insumo. Os produtos especificados nesta análise são algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo. A quantidade de cada insumo corresponde à demanda total de todos os produtos especificados no modelo. Estes insumos são: um índice de fertilizantes<sup>5</sup>, índice de defensivos e mão-de-obra agregada, que não diferencia entre trabalho qualificado e não-qualificado. Em cada insumo agregado é assumido que as variáveis que o compõem são separáveis. Entretanto, assume-se que fertilizantes, mão-de-obra e defensivos não são separáveis entre si e não podem ser utilizados como sendo apenas uma variável agregada. A mesma pressuposição é feita para os produtos, assumindo-se que algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo não são separáveis<sup>6</sup>.

No modelo multiproduto a tecnologia pode ser conjunta ou não-conjunta<sup>7</sup>. Uma tecnologia é considerada não-conjunta nos produtos quando existe para cada insumo uma curva de transformação do produto separada. De acordo com Chambers (1988), a tecnologia é não-conjunta nos produtos se, para cada  $(x, y) \in T$ , existe:

$$\begin{aligned} x_i &\geq g_i(y_i) \\ \sum_i y_i &\geq y \end{aligned}$$

---

<sup>5</sup> Os detalhes com relação às variáveis são especificados na seção de dados.

<sup>6</sup> O conceito de separabilidade e os respectivos testes serão discutidos mais adiante, ainda nesta seção.

<sup>7</sup> *Jointness (nonjointness) technology*.

em que  $g_i(y_i)$  é não-decrescente, possui um conjunto não-vazio e não-fechado de possíveis produtos e satisfaz  $g_i(0) = 0$ . Esse é o caso quando um insumo é dividido em mais de um produto, que não é o caso desta pesquisa.

A tecnologia não-conjunta acontece quando existe pelo menos um processo para cada produto que é independente de outro processo. Neste caso, interdependência entre dois processos acontece apenas porque eles competem por recursos escassos. Se a oferta de todos os insumos é perfeitamente elástica,  $y_i$  é independente da quantidade produzida do produto  $y_r$ .

$$y_i \leq f_i(x_i)$$

$$\sum_i x_i \leq x$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_i \partial p_s} = 0, \text{ para } i \neq s$$

Se os recursos são limitados, a produção da cultura  $i$  dependerá da produção da cultura  $s$ ; a produção de  $i$  pode ser aumentada pela realocação de fatores comuns de  $s$  para  $i$ , enquanto a produção agregada irá aumentar somente se forem atribuídos mais recursos para aquele setor. A resposta da produção agregada está sujeita a mudanças na infraestrutura, pesquisa, extensão, crédito e mudança tecnológica, bem como é sujeita a aumentos dos fatores fixos. As culturas podem ter maior resposta no curto prazo que a resposta agregada, devido a efeitos de substituição. A resposta agregada pode ser baixa mesmo se a resposta individual de cada cultura é alta (BINSWANGER, 1989).

Se  $\partial^2 \pi / \partial p_i \partial p_s \neq 0$ , a decisão de quanto plantar da cultura  $i$  pode ser diretamente influenciada pelo preço da cultura  $s$ . Isto é, por exemplo, se  $p_s$  aumenta, mais área é destinada à cultura  $s$  e menos área de plantio estará disponível para a cultura  $i$ , considerando que existem quantidades limitadas deste fator. Se  $i$  e  $s$  têm tecnologia semelhante, alguns produtores que usualmente plantam a cultura  $i$  passam a plantar a cultura  $s$ ; e alguns produtores que plantam ambas as culturas podem decidir plantar mais da cultura  $s$ . Quando o preço da cultura  $s$  aumenta, a receita marginal daquela cultura eleva-se, bem como aumenta o custo de oportunidade de não produzi-la. Assim, será mais vantajoso produzir  $s$ . Desse modo, o preço da cultura  $s$  influencia a produção da cultura  $i$  porque existem limitações na quantidade de determinados

insumos, ou porque existe limitação de recursos no plantio de ambas as culturas, fazendo com que o produtor tenha que optar por uma delas, ou priorizar o plantio de  $s$  em vez de  $i$ . Se, por exemplo, o preço de culturas relacionadas é importante na oferta da cultura  $i$ , a condição de produção não-conjunta apresentada não se aplica. Além disso, como as culturas anuais utilizadas nesta pesquisa empregam basicamente os mesmos insumos, assume-se que são produzidos por uma tecnologia conjunta nos insumos. Assume-se que cada cultura apresenta a própria tecnologia; os insumos são não-separáveis;  $F(y, x)$  apresenta tecnologia conjunta e não-separável nos insumos.

Para representar como a produção é influenciada pelos preços de culturas relacionadas, considere um produtor que plante as culturas  $i$  e  $s$ , assumindo limitação orçamentária. O orçamento disponível para a cultura  $i$  depende do orçamento disponível para a cultura  $s$ , porque eles levam em conta o dispêndio total  $c$ . Representando o problema pela maximização da receita:

$$r = p_i y_i + p_s y_s$$

$$S.T.: c \geq c_i(y_i, w) + c_s(y_s, w)$$

Que pode ser expresso pelo Lagrange:

$$L = p_i y_i + p_s y_s + \lambda (c - c_i(y_i, w) - c_s(y_s, w)) \quad (1)$$

As condições de primeira ordem (CPO) são:

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} = p_i - \lambda \cdot \frac{\partial c_i(y_i, w)}{\partial y_i} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial y_s} = p_s - \lambda \cdot \frac{\partial c_s(y_s, w)}{\partial y_s} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = c - c_i(y_i, w) - c_s(y_s, w) = 0$$

Resolvendo para  $\lambda$  e igualando as duas CPO, tem-se:

$$\frac{p_i}{p_s} = \frac{c_i'(y_i, w)}{c_s'(y_s, w)} \quad (2)$$



em que  $c_i'(y_i, w)$  e  $c_s'(y_s, w)$  são o custo marginal das culturas  $i$  e  $s$ . O equilíbrio acontece quando a razão dos preços se iguala à razão entre o custo marginal dessas culturas. Se  $p_s$  aumenta, o custo marginal de produzir  $s$  deve ser aumentado, o que significa produzir mais desta cultura. Quanto mais da cultura  $s$  é produzido, maior o orçamento destinado a esta cultura e menor o orçamento para a cultura  $i$ . Por outro lado, se o orçamento total  $c$  aumenta, a produção de ambos os produtos será aumentada proporcionalmente a  $\lambda$ . Deste modo, o orçamento alocado na cultura  $i$  também depende do orçamento alocado na cultura  $s$  e do orçamento total  $c$ .

$$c_i = c_i(p_i, p_s, w, c) \quad (3)$$

De acordo com Alves (2007), no modelo com apenas um produto, a condição de segunda ordem para um máximo requer que:

$$\partial^2 r(p, w, y) / \partial y < 0, \quad (4)$$

que implica em  $\partial^2 c(w, y) / \partial y > 0$ . Isso significa que  $c(w, y)$  é estritamente convexa em  $y$ . Dessa forma, a função de oferta é definida quando  $y(x)$  apresenta retornos decrescentes à escala<sup>8</sup>.

Como a função indireta  $y = y(w, c) = c^{-1}(w, y)$ ,  $y(w, c)$  é estritamente côncava em  $c$ .

O equilíbrio para dois produtos é representado na Figura 4.

Assume-se nesta pesquisa que cada cultura tem a própria tecnologia e a cultura  $i$  pode ser mais intensiva no insumo  $j$  que a cultura  $s$ . Plantando a cultura  $s$  ou a cultura  $i$ , pode ocorrer mudanças na quantidade utilizada do insumo  $j$  mesmo que o preço do insumo permaneça constante. Espera-se que a demanda por  $j$  seja função do próprio preço e do dispêndio total, bem como dos preços das culturas.

---

<sup>8</sup> Para maiores detalhes com respeito às relações entre a função de produção e custo, ver Alves (2007).

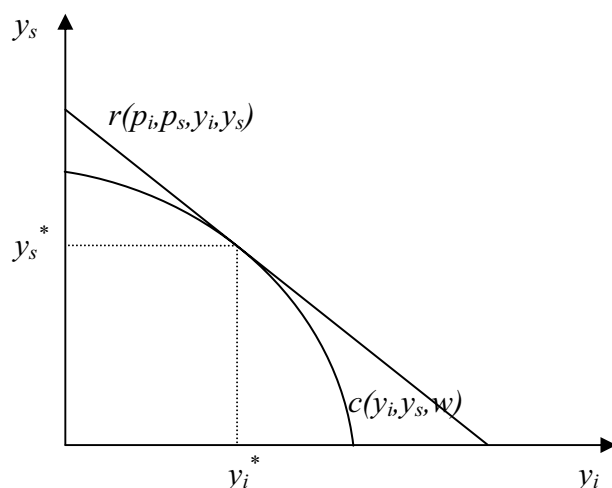


Figura 4 – Equilíbrio de dois produtos: curva de possibilidade de produção.

O modelo multiproduto em que se assume restrição orçamentária pode ser expresso considerando a maximização da receita líquida. De acordo com Lee e Chambers (1986), a maximização do lucro da cultura  $i$  condicionado pela restrição (maximização da receita líquida da cultura  $i$ ) seria:

$$\pi_i = \max_y (p_i \cdot y_i - c(y_i, w) : c_i \geq c_i(y_i, w)) \quad (5)$$

que resulta na quantidade ótima de produto a ser produzida. Substituindo  $y_i = y_i(p_i, w)$  em (1) e maximizando com relação ao preço dos insumos obtém-se a demanda condicionada como sendo função de  $p_i$  e  $w$ :

$$\begin{aligned} \pi_i(p, w) &= \max_w (p_i \cdot y_i - c_i(y_i(p_i, w)) - \lambda(c_i - c_i(y_i(p_i, w), w))) \\ \frac{\partial \pi_i(p, w)}{\partial w} &= - \left( - \frac{\partial(c_i(y_i(p_i, w)))}{\partial w} + \lambda \cdot \frac{\partial(c_i(y_i(p_i, w)))}{\partial w} \right) \\ \frac{\partial(c_i(y_i(p_i, w)))}{\partial w} &= \frac{\partial \pi_i(p, w) / \partial w}{-\lambda + 1} \end{aligned} \quad (6)$$

A maximização da receita, uma vez determinada a quantidade ótima, pode ser representada na forma:

$$r = p_i \cdot y_i(p_i, w) + p_s \cdot y_s(p_s, w)$$

$$S.T.: c \geq c_i(y_i(p_i, w), w) + c_s(y_s(p_s, w), w)$$

que resulta no Lagrange:

$$L = p_i y_i + p_s y_s + \lambda (c - c_i(y_i(p_i, w), w) - c_s(y_s(p_s, w), w)) \quad (7)$$

As condições de primeira ordem são:

$$\frac{\partial L}{\partial p_i} = y_i - \lambda \frac{\partial c_i(y_i(p_i, w), w)}{\partial y_i} \cdot \frac{\partial y_i(p_i, w)}{\partial p_i}$$

$$\frac{\partial L}{\partial p_s} = y_s - \lambda \frac{\partial c_s(y_s(p_s, w), w)}{\partial y_s} \cdot \frac{\partial y_s(p_s, w)}{\partial p_s}$$

Resolvendo para  $\lambda$  e igualando as CPO, tem-se:

$$\frac{y_i}{y_s} = \left( \frac{\partial c_i(y_i(p_i, w), w) / \partial y_i}{\partial c_s(y_s(p_s, w), w) / \partial y_s} \right) \left( \frac{\partial y_i(p_i, w) / \partial p_i}{\partial y_s(p_s, w) / \partial p_s} \right) \quad (8)$$

De acordo com (8), a razão das quantidades de produto é igual à razão entre as ofertas do produto multiplicada pela razão entre as variações de cada produto, dadas as variações nos respectivos preços. Por exemplo, um aumento em  $p_s$  causa um ajustamento no custo marginal devido ao aumento na produção de  $s$ . Se existe restrição para aquisição de insumos, aumentar  $y_s(p_s, w)$  significa decrescer  $y_i(p_i, w)$ . Se, no entanto, o orçamento total aumenta,  $y_i(p_i, w)$  e  $y_s(p_s, w)$  aumentam proporcionalmente a  $\lambda$  mesmo se ambos os preços  $p_i$  e  $p_s$  permanecem constantes. Desse modo, a quantidade ótima a ser produzida de  $y_i$  e  $y_s$  é dada por:

$$y_i = y_i(p_i, p_s, w, c)$$

$$y_s = y_s(p_i, p_s, w, c)$$

A demanda condicionada total, expressa em (6), é dada pela soma das demandas individuais de  $i$  e  $j$ :

$$x_c(p_i, p_s, w, \lambda) = x_{c_i}(p_i, w, \lambda) + x_{c_j}(p_s, w, \lambda)$$

em que  $\lambda = -\frac{\partial \pi}{\partial c}$ .

Nesse caso, a função de demanda total de insumos é função de  $p_i$  e  $p_s$ , uma vez que uma cultura pode ser mais intensiva no insumo  $j$  que outra.

### 2.1. A função de lucro restrita

MacFadden (1978) mostrou que o problema de maximização de lucro pode ser expresso pela função de lucro restrita:

$$\Pi(p, w, q) = \max\{(p \cdot y - w \cdot x) : y, x, q \in T\} \quad (9)$$

em que  $T$  é o conjunto de todas as combinações tecnicamente possíveis de  $(x, y)$  dada uma determinada tecnologia e  $q$  representa a restrição. A variável  $q$  pode ser uma restrição na maximização do lucro, como contratos para contratar insumos ou entregar produtos, fatores físicos ou econômicos, insumos fixos e o estado da tecnologia. A variável  $q$ , que representa a restrição, pode aparecer na função de lucro de duas formas: quantidades físicas, ressaltando-se, neste caso, que o lucro calculado representa a receita líquida em relação aos fatores variáveis; ou o insumo fixo pode ser incluído na maximização do lucro com o conjunto de possibilidade de produção especificando sua quantidade. Nessa situação, a variável  $q$  seria o custo fixo e estaria se maximizando de fato o lucro total.

### 2.2. O financiamento da agricultura

Assumindo que o dispêndio total não seja suficiente para se adquirir a quantidade de insumos necessária por parte dos produtores, uma política de crédito rural

pode causar impacto na oferta de produtos e demanda de insumos. Os valores de crédito rural são disponibilizados pelo governo a cada ano sem que haja uma especificação prévia onde deve ser alocado, se para determinada cultura, região ou produtor.<sup>9</sup> O total de recursos disponível para o setor agrícola é composto pelo financiamento privado ( $c_p$ ) e financiamento público, disponível por meio do programa de crédito rural ( $c_{cr}$ ). Espera-se que o financiamento agropecuário atue como um deslocador do dispêndio total, permitindo que os produtores comprem mais insumos e aumentem a produção (Figura 5), em que  $c$  é dado por:

$$c = c_p + c_{cr}$$

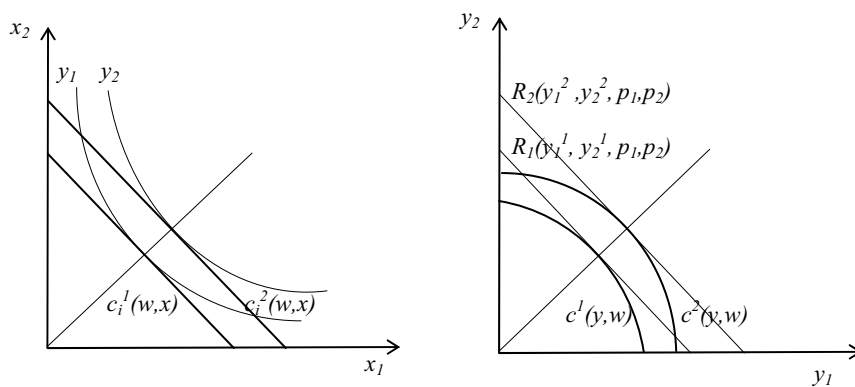


Figura 5 – Crédito rural como deslocador do dispêndio total.

### 2.3. Testes de separabilidade

Uma função de transformação homogênea de grau  $k$  é separável se e somente se a função lucro é homogênea de grau  $(1/1 - k)$  em  $p$  e separável.

Para ser separável:

<sup>9</sup> Exceção feita para o PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. Cerca de 10-15% do crédito total é designado a produtores familiares.

$$\frac{\partial(y_i/y_s)}{\partial w_j} = 0 \therefore \frac{\partial\left(\left(\frac{\partial\pi}{\partial p_i}\right)/\left(\frac{\partial\pi}{\partial p_s}\right)\right)}{\partial w_j} = 0$$

e

$$\frac{\partial(x_j/x_v)}{\partial p_i} = 0 \therefore \frac{\partial\left(\left(\frac{\partial\pi}{\partial w_j}\right)/\left(\frac{\partial\pi}{\partial w_v}\right)\right)}{\partial p_i} = 0 \quad (10)$$

De acordo com Berndt e Christensen (1973) e Chambers (1988), dada uma função de produção  $F$  assumindo ser duas vezes diferenciável, estritamente quase côncava e homotética, dois insumos em uma cesta de insumos apresentará separabilidade fraca se a Taxa Marginal de Substituição Técnica (TMST) de ambos é independente de um terceiro insumo daquela cesta de insumos:

Dado que:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x_v} &= F_v \\ \frac{\partial F}{\partial x_u} &= F_u \\ \frac{\partial(F_v/F_u)}{\partial x_r} &= 0; \quad v, u \in j; r \notin j \end{aligned} \quad (11)$$

dois insumos em diferentes cestas terão separabilidade forte se a TMST é independente da quantidade de um terceiro insumo, fora de ambas as cestas de insumos:

$$\frac{\partial(F_v/F_u)}{\partial x_r} = 0; \quad v \in j_1, u \in j_2 \quad r \notin j_1 \cup j_2. \quad (12)$$

Alternativamente pode ser expressa como:

$$F_{vr}F_u - F_vF_{ur} = 0 \quad (13)$$

em que  $F_{vr}, F_{uv}$  é a derivada de  $F_v$  com relação a  $r$  e de  $F_u$  com relação a  $r$ .

Para separabilidade fraca  $v, u \in j$ ,  $r \notin j$  e, para separabilidade forte,  $v \in j_1, u \in j_2$ ,  $r \notin j_1 \cup j_2$ . Separabilidade fraca é condição necessária e suficiente para que  $F(x)$  seja da forma  $F(x_j)$ ,  $j=1,2,\dots$ . Separabilidade forte implica separabilidade fraca, o contrário é verdadeiro somente se existem apenas duas cestas de insumos (BERNDT; CHRISTENSEN, 1973).

As condições de separabilidade serão testadas com base em (13), porém a razão de dois insumos (produtos) é testada com relação aos preços de produtos (insumos) em vez da quantidade, assumindo que o preço afete significativamente a quantidade demandada (ofertada). É testado por exemplo:

$$\frac{\partial(y_i/y_s)}{\partial w_j} = 0$$

que é equivalente a testar:

$$\frac{\partial(s_i/s_r)}{\partial \ln w_j} = 0$$

Para maiores detalhes, ver Apêndice A.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Modelo analítico

As estimações de funções de lucro têm vantagens quando comparadas às estimações da função de custo e receita, já que não utilizam variáveis endógenas (produto ou insumo) como variáveis explicativas (LOPEZ, 1984). Por outro lado, a maximização assume que os produtores não enfrentam restrições para comprar insumos usados no processo de produção. De acordo com Lee e Chambers (1986), restrições no dispêndio total podem ser consideradas na estimação de uma função de lucro.

De acordo com Diewert (1974), a forma funcional a se estimar deve ser (i) consistente com o comportamento maximizador do produtor, (ii) suficientemente flexível, de modo que a tecnologia possa ser adequadamente aproximada, e (iii) suficientemente simples, de modo que existam técnicas econométricas que possam ser utilizadas na estimação dos parâmetros desconhecidos. A função transcendental logarítmica (*Translog*) é uma forma funcional que pode ser derivada de uma expansão de segunda ordem da série de Taylor em torno do ponto unitário ou do conceito de elasticidades (JORGENSEN, 1986).

Assume-se que a tecnologia é não-separável nos produtos e conjunta nos insumos, além de apresentar restrição no dispêndio total para aquisição de insumos. De acordo com a teoria, as funções de demanda neste caso são derivadas a partir do problema de minimização de custo, obtendo-se as demandas condicionadas. Com base



na dualidade aplicada à Teoria da Produção, no entanto, é especificada nesta pesquisa uma função de lucro, a partir da qual as demandas condicionadas são estimadas.

A função *Translog* de lucro é especificada em (14). Desta expressão são derivadas as equações de parcela dos produtos e dos insumos:

$$\begin{aligned} \ln \pi = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^M \alpha_i \ln p_i + \sum_{j=1}^N \beta_j \ln w_j + \phi_k \ln q + \zeta_c \ln c + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{s=1}^M \alpha_{is} \ln p_i \ln p_s + \\ & \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^N \beta_{jv} \ln w_j \ln w_v + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \ln p_i \ln w_j + \sum_{i=1}^M \alpha_{iq} \ln p_i \ln q + \\ & \sum_{j=1}^N \beta_{jq} \ln w_j \ln q + \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i \cdot \ln c + \sum_{i=1}^M \beta_{jc} \ln w_j \cdot \ln c \end{aligned} \quad (14)$$

em que  $p_i$  são os preços dos  $M$  produtos;  $w_j$ , os preços dos  $N$  insumos;  $q$ , o insumo fixo; e  $c$ , o dispêndio total. Para esta análise:  $M = 6, N = 3$ .

Pela condição de simetria, tem-se que  $\alpha_{is} = \alpha_{si}; \beta_{jv} = \beta_{vj}$ . Além disso, como  $\lambda = -\partial \ln \pi / \partial \ln c$ , assume-se que  $\alpha_{ic} = \alpha_{ci}$ .

Derivando  $\ln \pi$  com respeito a  $\ln p_i$ , obtém-se a equação de parcela de produto a ser estimada:

$$\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln p_i} = \frac{\partial \pi}{\partial p_i} \frac{p_i}{\pi} = y_i \frac{p_i}{\pi} = s_i \quad (15)$$

$$s_i = \alpha_i + \sum_{v=1}^M \alpha_{is} \ln p_v + \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \ln w_j + \alpha_{iq} \ln q + \alpha_{ic} \ln c \quad (16)$$

A oferta do produto  $i$  é obtida por:

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_i} = y_i = \frac{\pi}{p_i} \left[ \alpha_i + \sum_{v=1}^M \alpha_{is} \ln p_v + \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \ln w_j + \alpha_{iq} \ln q + \alpha_{ic} \ln c \right] \quad (17)$$

A demanda condicionada de insumos é obtida de (6). Derivando a função de lucro com relação ao preço de insumos, tem-se a demanda irrestrita de insumos:

$$\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln w_j} = -s_j^u = -\frac{\partial \pi}{\partial w_j} \frac{w_j}{\pi} = x_j^u \frac{w_j}{\pi} = -s_j \therefore x_j^u = -s_j \frac{\pi}{w_j}$$

$$x_j^u = -\frac{\pi}{w_j} \left[ \beta_j + \sum_{v=1}^N \beta_{jv} \ln w_v + \sum_{i=1}^M \gamma_{ij} \ln p_i + \sum_{q=1}^R \beta_{jq} \ln q \right]$$

A derivada da função de lucro com relação a  $c$  é:

$$\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} = \left( \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{i=1}^M \beta_{jc} \ln w_j \right)$$

A demanda condicionada de insumos obtida pela maximização do lucro é dada por:

$$x_j^c = \frac{-\frac{\pi}{w_j} \left[ \beta_j + \sum_{v=1}^N \beta_{jv} \ln w_v + \sum_{i=1}^M \gamma_{ij} \ln p_i + \sum_{k=1}^R \beta_{jq} \ln q + \beta_{jc} \ln c \right]}{\left[ \left( \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{i=1}^M \beta_{jc} \ln w_j \right) + 1 \right]} =$$

$$s_j^c = -\frac{\left[ \beta_j + \sum_{v=1}^N \beta_{jv} \ln w_v + \sum_{i=1}^M \gamma_{ij} \ln p_i + \sum_{k=1}^R \beta_{jq} \ln q + \beta_{jc} \ln c \right]}{\left[ \left( \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{i=1}^M \beta_{jc} \ln w_j \right) + 1 \right]} \quad (18)$$

Para calcular a elasticidade-preço da oferta, aplicando-se logaritmo em (15) e derivando com relação a  $\ln p_i$ , obtém-se a elasticidade-preço direta:

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln p_i} = \frac{\partial \ln \pi_i}{\partial \ln p_i} - \frac{\partial \ln p_i}{\partial \ln p_i} + \frac{\partial \ln s_i}{\partial \ln p_i}$$

$$\eta_{ii} = s_i - 1 + \frac{\alpha_{ii}}{s_i} \quad (19)$$

De maneira análoga, a elasticidade cruzada com relação ao preço de culturas relacionadas:

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln p_s} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln p_s} - \frac{\partial \ln p_i}{\partial \ln p_s} + \frac{\partial \ln s_i}{\partial \ln p_s}$$

$$\eta_{is} = s_s + \frac{\alpha_{is}}{s_i}$$
(20)

A elasticidade da oferta com relação ao dispêndio total é obtida derivando a parcela de insumos com relação a  $\ln c$ :

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln c} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} - \frac{\partial \ln p_i}{\partial \ln c} + \frac{\partial \ln s_i}{\partial \ln c}$$

$$\eta_{ic} = -\zeta_c + \frac{\alpha_{ic}}{s_i}$$
(21)

É importante notar que é utilizado  $\zeta_c$  como  $\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c}$ , em vez de

$$\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} = (\zeta_c + \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{j=1}^N \beta_{jc} \ln w_j)$$

porque assume-se que

$$\zeta_c = \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{j=1}^N \beta_{jc} \ln w_j$$
(22)

Com base nesta pressuposição, não seria necessário estimar  $\zeta_c$ , mas apenas impor a condição em (22) na estimação. Ao fazer isso, não se obteria o erro-padrão de  $\zeta_c$ , que é usado no cálculo dos erros-padrão das elasticidades. Assim,  $\zeta_c$  é estimado e (22) é testado. Esta pressuposição é detalhada no Apêndice B.

As elasticidades da oferta com relação ao preço dos insumos é dada por:

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln w_j} - \frac{\partial \ln p_i}{\partial \ln w_j} + \frac{\partial \ln s_i}{\partial \ln w_j}$$

$$\eta_{ij} = s_j + \frac{\gamma_{ij}}{s_i}$$
(23)

E, com relação ao insumo fixo:

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln q} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln q} - \frac{\partial \ln p_i}{\partial \ln q} + \frac{\partial \ln s_i}{\partial \ln q}$$

$$\eta_{iq} = \varphi_q + \frac{\alpha_{iq}}{s_i}$$

A equação do insumo  $j$  no sistema de estimação (18) pode ser expressa como:

$$s_j^c = \frac{x_j^c \cdot w_j}{\pi} = \frac{h(\cdot)}{g(\cdot)} \quad (24)$$

Para calcular as elasticidades-preço da demanda, deriva-se (40) com relação ao preço dos insumos:

$$\frac{\partial \ln x_j^c}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln w_j} - \frac{\partial \ln w_j}{\partial \ln w_j} + \frac{\partial \ln s_j}{\partial \ln w_j}$$

As elasticidades-preço direta da demanda de insumos é dada por:

$$\varepsilon_{jj} = s_j - 1 + \left[ \frac{\beta_{jv} \cdot g(\cdot) - h(\cdot) \cdot \beta_{jc}}{g^2(\cdot)} \right] / s_j$$

De maneira análoga, para calcular a elasticidade-preço cruzada:

$$\frac{\partial \ln x_j}{\partial \ln w_v} = \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln w_v} - \frac{\partial \ln w_j}{\partial \ln w_v} + \frac{\partial \ln s_j}{\partial \ln w_v}$$

$$\varepsilon_{jv} = s_v + \left[ \frac{\beta_{jv} \cdot g(\cdot) - h(\cdot) \cdot \beta_{jc}}{g^2(\cdot)} \right] / s_j$$

em que  $s_v$  e  $s_j$  são as parcelas dos insumos no lucro. As elasticidades das demandas de insumos com relação ao preço do produto são dadas por:

$$\frac{\partial \ln x_j^c}{\partial \ln p_i} = + \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln p_i} - \frac{\partial \ln w_j}{\partial \ln p_i} + \frac{\partial \ln s_j}{\partial \ln p_i} =$$

$$\varepsilon_{ji} = s_i + \frac{\partial \ln s_j^c}{\partial \ln p_i} = s_i + \left[ \frac{\gamma_{ji} \cdot g(\cdot) - h(\cdot) \cdot \alpha_{ic}}{g^2(\cdot)} \right] / s_j$$

A elasticidade da demanda com relação ao dispêndio total é dada por:

$$\frac{\partial \ln x_j^c}{\partial \ln c} = + \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} - \frac{\partial \ln w_j}{\partial \ln c} + \frac{\partial \ln s_j^c}{\partial \ln c}$$

$$\varepsilon_{jc} = -\zeta_c + \left[ \frac{\beta_{jc} \cdot g(\cdot) - h(\cdot) \cdot \zeta_{cc}}{g^2(\cdot)} \right] / s_j^c$$

E, com relação ao preço do fator fixo:

$$\frac{\partial \ln x_j^c}{\partial \ln q} = + \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln q} - \frac{\partial \ln w_j}{\partial \ln q} + \frac{\partial \ln s_j^c}{\partial \ln q}$$

$$\varepsilon_{jq} = \varphi_q + \left[ \frac{\beta_{jq} \cdot g(\cdot) - h(\cdot) \cdot \varphi_c q}{g^2(\cdot)} \right] / s_j^c$$

As funções de oferta dos produtos e demandas de insumos são homogêneas de grau zero, o que implica:

$$\sum_s \alpha_{is} + \sum_j \gamma_{ij} = 0$$

$$\sum_v \beta_{jv} + \sum_i \gamma_{ij} = 0$$

A condição de homogeneidade é imposta na estimação por:

$$\alpha_{i6} = - \left( \sum_{i=1}^5 \alpha_{iv} + \sum_{j=1}^3 \gamma_{ij} \right) \quad (25)$$

A convexidade da função de lucro é verificada através do Hessiano formado pelas derivadas segundas da função de lucro, que deve ser positiva e semidefinida. Ao se estimarem as equações de parcelas de produto/insumos, ocorre singularidade na matriz de covariância, porque  $\sum_i s_i + \sum_j s_j = 1$ . Para evitar esse problema, o sistema é normalmente estimado nos preços normalizados, obtidos da imposição da condição de homogeneidade no sistema e estimando-se  $M + N - 1$  equações. O outro modo de se evitar a singularidade, utilizado nesta pesquisa, é estimar a função de lucro no sistema. Neste caso, a condição de homogeneidade tem que ser imposta na estimação, como especificado em (25).

A estimação é feita pelo modelo de Equações Aparentemente Não-Relacionadas (*Seemingly Unrelated Regressions* - SUR) e utilizando-se o método de Mínimos Quadrados Não-Lineares, devido à não-linearidade nas equações de demanda. A condição de simetria também é imposta nos coeficientes.

As condições de separabilidade são verificadas com base nos testes de restrições não lineares (GREENE, 2003, p. 108):

$$z = \frac{c - q}{se_c} \quad (26)$$

em que  $z$  apresenta distribuição  $t$  e:

$$c = c(\hat{\beta}) = \frac{\gamma_{ij}}{\gamma_{rj}} \therefore$$

$$q = \frac{s_i}{s_r}$$

sendo  $se_c$  dado por:

$$se_c = \left\{ \left( \frac{dc}{d\gamma_{ij}} \right)^2 (se_{\gamma_{ij}})^2 + \left( \frac{dc}{d\gamma_{rj}} \right)^2 (se_{\gamma_{rj}})^2 + 2 \cdot \left( \frac{dc}{d\gamma_{ij}} \right) \left( \frac{dc}{d\gamma_{rj}} \right) \text{cov}(\gamma_{ij}, \gamma_{rj}) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

Os erros-padrão das elasticidades calculadas para as demandas de insumos são obtidos com base em (27).

Uma importante questão sobre a estimação da oferta agrícola diz respeito às expectativas com relação ao preço pelo qual será vendida a produção, no momento de se decidir quanto plantar. Para decidir quanto plantar, acredita-se que os produtores se baseiam nas informações que têm, que são os preços passados, mas também tomam suas decisões de plantio com base nas expectativas sobre os preços no momento da colheita. A expectativa sobre o que acontecerá no futuro influencia a decisão tomada no presente, de modo que a otimização do comportamento do produtor deverá levar em conta as expectativas com relação ao preço futuro. O problema em modelar situações dessa natureza está em ligar a otimização dinâmica sob incerteza à formação das expectativas dos agentes. Na teoria, decisões e expectativas não acontecem de forma separada, mas, analiticamente, o problema é tratado dessa forma, definindo-se como as expectativas são formadas e, então, como as expectativas afetam as decisões (NERLOVE; BESSLER, 2001).

Nerlove (1956) incorporou a formação das expectativas com base nas expectativas adaptativas. O modelo incorpora o problema dinâmico de duas formas diferentes: separando as expectativas de curto e longo prazo e incorporando a formação das expectativas na função de oferta. O longo prazo normalmente está associado à variação dos fatores fixos. Investimentos que aumentem o uso de fatores fixos podem fazer crescer os custos médios se a firma não puder atingir a produção desejada no período seguinte. A decisão de aumentar a produção no curto prazo depende da expectativa do que será a produção no longo prazo. A mudança da produção devido a mudanças nos preços pode ser separada em três estágios: mudanças de curto prazo nos preços afetam a expectativa com relação aos preços no longo prazo; a mudança na expectativa dos preços no longo prazo influencia a produção de longo prazo; e a expectativa da produção de longo prazo levará a mudanças na produção de curto prazo (NERLOVE, 1958).

Algumas críticas com relação a este modelo são a ausência de uma justificativa teórica (apesar de ser por de Hicks com relação à elasticidade das expectativas) e que arbitrariamente define o coeficiente de expectativa. Mesmo assim possui algumas vantagens: *“modelos que incluem preços normais apresentam melhor performance quando aplicados a dados empíricos do que aqueles que não incluem defasagens ou outros substitutos”* (NERLOVE et al., 1995).

O modelo de Expectativas Racionais foi introduzido por Muth (1961) e trouxe uma alternativa para a modelagem de formação de expectativas que é mais consistente com a teoria subjacente. A hipótese é que os “*agentes econômicos, ao otimizar suas decisões, fazem uso propositado e eficiente de informações assim como eles o fazem com recursos escassos*” (NERLOVE, 2001). Segundo Muth (1961), a distribuição das expectativas das firmas de uma indústria, se baseada no mesmo conjunto de informações, tende a ter a mesma distribuição que as expectativas geradas com base na teoria. De acordo com essa hipótese, “*a informação é escassa e o sistema econômico não a desperdiça; a formação de expectativas depende das estruturas do sistemas que descrevem a economia; e uma previsão pública não terá efeito substancial na operação do sistema econômico*”.

As hipóteses de expectativas racionais implicam que um sistema de equações lineares devem ser adicionadas ao sistema para definir o processo de antecipação da formação, que é determinado pelo valor esperado da variável que se deseja incorporar às expectativas no período  $t + 1$  condicionada às informações disponíveis até o período  $t$ . Por exemplo, no caso da variável preço:

$$P_{t+1}^* = E_t \{ P_{t+1} \}$$

Isto é, a expectativa é não-viesada e o preço esperado é tratado com endógeno ao sistema. De acordo com Nerlove et al. (1995), as Expectativas Racionais são mais consistentes com a estrutura subjacente do comportamento econômico, mas:

- é mais complicado de se estimar, desde que o modelo deve ser resolvido para os valores esperados de variáveis que contêm incerteza;
- quando incorpora os coeficientes estruturais na formação de expectativas os coeficientes estimados serão combinações não-lineares dos parâmetros estruturais e problemas de indentificação podem ocorrer;
- se o modelo não é identificado, pode não ser possível a obtenção dos parâmetros estruturais dos coeficientes estimados. Neste caso, a forma reduzida pode ser estimada, assumindo que os parâmetros estruturais não mudam; e
- a possibilidade de ocorrer correlações seriais é alta.

Alguns trabalhos concluíram que o modelo de Expectativas Racionais pode falhar devido ao processo de aprendizagem da estrutura econômica, ao custo de



informação ou a problemas de estimação (DECANIO, 1979; ORAZEM; MIRANOWSKI, 1986; NERLOVE; FORNARI, 1988). Se o sistema é linear e completo, a forma explícita das variáveis antecipadas pode ser obtida como função das variáveis exógenas. Assim, as variáveis antecipadas podem ser substituídas pelas expectativas condicionais das variáveis exógenas na expressão derivada da solução do modelo para as variáveis endógenas. Este processo se constitui no Modelo de Expectativas Quase Racionais (EQR) (para maiores detalhes sobre RE e EQR, ver Apêndice C).

Nerlove e Fornari (1988) conduziram alguns testes comparando o modelo de Expectativas Racionais completo ao modelo alternativo de Expectativas Quase Racionais, em que as relações estocásticas que originam as variáveis exógenas são estimadas separadas do modelo principal que contém as relações estruturais, e constataram que não houve perda de eficiência.

Para representar o modelo (EQR), assume-se um simples modelo estrutural:

$$y_t = a + bx_t^* + u_t$$

em que  $x_t^*$  é uma variável antecipada. Este modelo pode ser estimado calculando-se o valor esperado da variável exógena. Assumindo que  $x_t$  tem um processo como:

$$x_t - \alpha x_{t-1} = \varepsilon_t - \beta \varepsilon_t$$

O valor previsto para  $x_t$  pode ser obtido por:

$$x_{t+1|t} = \gamma(L)x_t$$

em que  $L$  representa as defasagens em  $x_t$ . Então  $x_t^*$  na equação estrutural pode ser substituído por  $\gamma(L)x_t$  e se torna:

$$y_t = a + b\gamma(L)x_t + u_t$$

EQR corresponde à forma reduzida do modelo completo de Expectativas Racionais, que não especifica as restrições apropriadas e desse modo poderia fazer com que os parâmetros estruturais não fossem identificados. Se os parâmetros estruturais não mudam ou se o modelo considerado tem problemas de identificação de qualquer forma, então os ganhos do modelo completo sobre EQR é nulo. As principais vantagens do modelo EQR são:

1. Mantendo-se todas as pressuposições do modelo de Expectativas Racionais para os erros, EQR implica que todas as variáveis antecipadas podem ser substituídas pelas variáveis previstas.
2. É ainda necessário estimar as variáveis antecipadas para cada variável exógena, mas o problema de resolver o sistema é evitado.
3. Não é necessário especificar a estrutura de autocorrelação serial nos erros.
4. Pode ser aplicado o método da Máxima Verossimilhança para modelos ARIMA em cada variável que contenha expectativa no modelo (NERLOVE et al., 1995).

O modelo EQR pode ser aplicado de diferentes maneiras. Este trabalho utiliza o conceito na sua forma mais simples, que é estimar os preços esperados para as seis culturas separadamente, usando a metodologia de Séries Temporais, substituindo-se então o preço esperado no modelo especificado em (14).

Para se aplicar o Modelo de Expectativas Quase Racionais nesta pesquisa, são utilizados os preços previstos para os produtos, que são estimados pela técnica de Séries Temporais. A estimação dos parâmetros é feita com base no processo de séries temporais desenvolvido por Box e Jenkins (1976), consistindo basicamente em identificação, estimação, diagnóstico e avaliação. É utilizado o *software* Eviews para esse procedimento, sendo adotados alguns recursos apresentados por este programa que não constavam inicialmente da metodologia original, mas que auxiliam nas etapas do processo de estimação. Assume-se que as séries seguem um processo de autorregressão e média móvel – ARMA, em que  $p$  e  $q$  representam as defasagens, ou ARIMA  $(p,d,q)$ , no caso da necessidade de integração, em que  $d$  representa o número de integrações necessárias, ou ainda SARIMA  $(p,d,q)(P,D,Q)$ , quando na presença de sazonalidade, em que  $P$  e  $Q$  representam as defasagens sazonais e  $D$ , a diferenciação sazonal, se necessário.

Em primeiro lugar são realizados testes de raiz unitária para verificação da estacionariedade da série. É utilizado o método de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (ENGERS, 1995). Os testes são utilizados apenas no intuito de identificar a presença ou

não de estacionariedade, sem se preocupar em identificar sua origem, procedendo-se então à integração das séries, quando necessário.

Tomando-se a série estacionária, procede-se então à identificação do processo de autocorrelação das séries, se autorregressivo ou média móvel, utilizando para isso os correlogramas baseados na Função de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial. Com base na identificação do processo, procede-se à estimação das séries.

Os possíveis modelos são comparados com base nos critérios de Akaike (*Akaike Information Criterion - AIC*) e de Shwartz (*Shwartz Bayesian Criterion - SBC*). Esses critérios são definidos por:

$$\begin{aligned} AIC &= T \ln RSS + 2n \\ SBC &= T \ln RSS + n \ln T \end{aligned}$$

em que  $n$  é o número de parâmetros estimados ( $p+q+s$ );  $RSS$  a soma dos quadrados dos resíduos; e  $T$ , o número de observações. De acordo com esses critérios, um modelo é melhor caso o valor de  $AIC$  (ou  $SBC$ ) seja menor que o de outro modelo.

Além desses critérios, em cada tentativa é também analisado o correlograma dos termos de erro, que, na ausência de autocorrelação na série estimada, deve apresentar um processo de ruído branco. É realizado o teste  $Q$  (*Ljung-Box Statistic*), que testa a hipótese de que todas as correlações sejam conjuntamente diferentes de zero, dado por:

$$Q = T(T + 2) \sum_{k=1}^j (r_k^2 / (T - k)) \quad (28)$$

que tem distribuição de Qui-Quadrado, com  $j$  graus de liberdade, em que  $j$  é o número de defasagens utilizadas no teste conjunto (ENGERS, 1995; GREENE, 2003).

Para avaliar a capacidade de previsão dos modelos, serão utilizados alguns indicadores<sup>10</sup>. O RMSE (*Root Mean Squared Error*), que determina a média dos desvios da previsão em relação ao valor observado em cada período, é obtido por:

---

<sup>10</sup> A descrição destes indicadores foi obtida no Manual do Usuário – Eviews (2007).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}$$

O indicador MAE (*Mean Absolute Error*), que determina a média do desvio absoluto, é calculado por:

$$MAE = \sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{y}_t - y_t| / h$$

Quanto menores os valores apresentados por esses indicadores, melhor a estimação. No entanto, esses dois indicadores dependem do valor da variável dependente, ou seja, da escala dessa variável, mas, mesmo assim, serão apresentados os valores calculados para as séries estimadas.

Para contornar esse problema são calculados ainda outros dois indicadores. O primeiro determina a MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), que elimina o problema de escala da variável anterior. Quanto menor esse indicador, menor o erro percentual médio do valor previsto em relação ao valor observado:

$$MAPE = 100 \sum_{t=T+1}^{T+h} \left| \frac{\hat{y}_t - y_t}{y_t} \right| / h$$

O indicador TIC (*Theil Inequality Coefficient*), que é a razão entre a raiz da média dos quadrados dos desvios pela soma das raízes da média dos quadrados dos valores previstos e observados, é determinado por:

$$TIC = \frac{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}}{\sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} \hat{y}_t^2 / h} + \sqrt{\sum_{t=T+1}^{T+h} y_t^2 / h}}$$

Os valores de TIC se situam entre zero e um, ressaltando-se que, quanto mais próximo de zero, melhor a série estimada.

Além desses indicadores, serão apresentados ainda mais três indicadores, resultado da decomposição da média dos quadrados dos desvios:

$$\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h = \left( \left( \sum_{t=T+1}^{T+h} \hat{y}_t / h \right) - \bar{y} \right)^2 + (s_{\hat{y}} - s_y)^2 + 2(1-r)s_{\hat{y}}s_y$$

em que o primeiro termo é o quadrado do desvio da média dos valores previstos em relação à média da série observada; o segundo é o quadrado do desvio da variância da série prevista em relação à série observada e representa quanto a variância da série observada está da série prevista; e o último termo, em que  $r$  é o coeficiente de correlação entre  $\hat{y}$  e  $y$ , representa a covariância entre as séries previstas e observadas. Tomando-se a razão de cada termo em relação à média dos quadrados dos desvios, tem-se a proporção do viés em relação à média (BP – *Bias Proportion*) dada por:

$$BP = \frac{\left( \left( \sum_{t=T+1}^{T+h} \hat{y}_t / h \right) - \bar{y} \right)^2}{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}$$

A proporção da variância (*Variance Proportion – VP*) estima a proporção do erro devido ao desvio da variância da série estimada em relação à variância da série observada, que é determinada por:

$$VP = \frac{(s_{\hat{y}} - s_y)^2}{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}$$

A proporção da covariância (*Covariance Proportion – CVP*) estima a proporção não-sistemática do erro e é determinada por:

$$CVP = \frac{2(1-r)s_{\hat{y}}s_y}{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}$$

A soma desses três indicadores é igual à unidade, e quanto maior a proporção do erro devido à covariância (parcela não-sistemática do erro), melhor a série estimada.

### 3.2. Procedimentos de estimação dos modelos

Os preços previstos utilizados foram estimados no software E-views e, então, utilizados no modelo *Translog*. Este, por sua vez foi estimado via software Matlab, tendo sido necessários alguns passos. Em primeiro lugar, foram necessários valores iniciais para estimação do sistema não-linear. Devido ao número de coeficientes, para facilitar a determinação dos valores iniciais destes, cada equação foi estimada de forma linear; os coeficientes obtidos foram utilizados para a primeira estimação do sistema linear. Os novos coeficientes obtidos são utilizados na próxima etapa, em que se estima o sistema não-linear, como valores iniciais. Os resíduos obtidos da estimação não-linear são utilizados para calcular a matriz de correlação contemporânea  $\psi$ . A estimação é feita utilizando-se o comando para regressões não-lineares no software Matlab (“nlinfit”). Para se estimar o SUR, é necessário utilizar os Mínimos Quadrados Generalizados, em que:

$$Py = PX\beta + Pe$$

$P$  é uma matriz tal que  $P'P = \psi^{-1}$  (JUDGE et al., 1988). A matriz  $P$  é obtida por meio da fatorização de Cholesky; após este passo, a regressão não-linear é feita incorporando a matriz de correlação contemporânea, multiplicando-se o comando “nlinfit” pela matriz  $P$ .

As condições de homogeneidade são impostas mantendo-se todas as equações no sistema. Este procedimento permite que se estimem todos os coeficientes do modelo, mas não os erros-padrão. Para se obterem os erros-padrão de todos os coeficientes, o modelo é estimado mais de uma vez, mudando-se a variável explicativa cujos coeficientes são obtidos dos demais.

### 3.3. Fonte de dados

A política de crédito rural começou em 1967 e as estatísticas são disponíveis desde 1969. Entretanto, os dados de mão-de-obra utilizados nesta pesquisa são disponíveis desde 1976, sendo esta a variável que limita o período de análise.

Os dados de produção são obtidos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), os quais estão disponíveis para o ano agrícola, que vai de julho a junho. São utilizados dados de produção de 1976/77 a 2005/06.

Os dados de preços das culturas são obtidos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); os preços são deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Diversos Índices (IGP-DI), e são utilizados os preços recebidos pelos produtores. Estes preços são utilizados para a estimação dos preços previstos, pela técnica de séries temporais, os quais são usados na estimação do modelo. Emprega-se a média dos preços para o ano agrícola para cada cultura.

Os dados de insumos são obtidos de diferentes fontes: os da mão-de-obra foram obtidos da Pesquisa Nacional de Amostra Domiciliares (PNAD)<sup>11</sup>, que é um levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Como preço da mão-de-obra foi utilizado o valor do salário mínimo médio anual, obtido da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Os dados de preços de fertilizantes foram obtidos da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) e do IBGE. A quantidade é a soma da quantidade utilizada de Nitrogênio, Potássio e Fósforo, e o preço é uma média ponderada desses três produtos, em que o peso é a parcela da quantidade de cada um na quantidade total desses três fertilizantes.

A área plantada com cada cultura é também obtida da CONAB, para o ano agrícola, e o preço de arrendamento de terra é o preço médio para todo País, obtido da Fundação Getúlio Vargas.

Os dados de defensivos foram os mais complicados de se obterem. De 1976 a 1986, os dados para defensivos foram obtidos das estatísticas publicadas no IBGE, para receita total oriunda da venda de defensivos e da quantidade vendida. De 1992 a 1998 não havia estatísticas disponíveis de preços e quantidade de defensivos comercializada, mas apenas da receita total. Para esse período, os preços foram obtidos com base no índice de preços de defensivos da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

---

<sup>11</sup> Os dados relativos à quantidade de mão-de-obra empregada no setor agropecuário foram gentilmente cedidos por Gasques et al., que levantaram estes dados para a pesquisa “*Condicionantes da Produtividade da Agropecuária Brasileira*”. Estes autores obtiveram estes dados da PNAD – IBGE.

Os dados de crédito rural estão disponíveis nos Anuários Estatísticos do Crédito Rural, publicados desde 1969 pelo Banco Central<sup>12</sup>. É utilizado o crédito de custeio para cada ano.

---

<sup>12</sup> O Anuário Estatístico do Crédito Rural está disponível na página do Banco Central ([www.bacen.gov.br](http://www.bacen.gov.br)) desde 1999.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estimação dos preços previstos

O Modelo de Expectativas Quase Racionais (EQR) incorpora a formação das expectativas, tomando-se os valores previstos das variáveis que não são conhecidas no processo da tomada de decisão do plantio. Ao decidir quanto plantar, os produtores não conhecem qual será o preço no momento em que comercializarão a safra. Para incorporar as expectativas quanto ao preço dos produtos no modelo EQR, são estimados os preços previstos por meio da técnica de séries temporais, que são então utilizados na estimação do modelo principal. Com isso, ao utilizar os preços previstos em vez dos preços reais, incorpora-se a expectativa dos produtores com relação ao preço do produto na época de comercialização da produção.

A estimação dos preços dos produtos é feita com base na técnica de séries temporais desenvolvida por Box e Jenkins (1976), que consiste basicamente em identificação, estimação, avaliação e previsão. Utiliza-se o software Eviews para esta estimação. Em primeiro lugar procedeu-se ao teste de raiz unitária, utilizando-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), para verificação da estacionariedade das séries. Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 5. Para cada cultura é apresentado o resultado do teste para raiz unitária da série em nível e diferenciada uma vez. São apresentados ainda os valores críticos da distribuição, já que sob a hipótese nula de raiz unitária a estatística “ $t$ ” não apresenta uma distribuição convencional. Os testes foram realizados considerando a presença de constante, constante e tendência e sem constante

e sem tendência. O teste para a série de preços de algodão rejeita a hipótese nula de presença de raiz unitária, quando realizado com constante e com tendência, a 10% de probabilidade. De acordo com os testes para a série de preços de feijão e soja, também se rejeita a hipótese nula de presença de raiz unitária. Para as séries de preços das culturas arroz, milho e trigo, os testes indicam a presença de raiz unitária mesmo na presença de constante e tendência.

Tabela 5 – Valor da estatística ADF referente ao teste Dickey-Fuller aumentado para verificação da presença de raiz unitária, para as séries em nível e em primeira diferença, na presença de constante, constante e tendência e sem constante e sem tendência

		Constante		Constante e tendência		Sem Const. - sem Tend.	
		Estat. "t"	P-valor	Estat. "t"	P-valor	Estat. "t"	P-valor
Algodão	Em Nível	-1.8091	0.3751	-3.4077	0.0540	-0.9785	0.2924
	Diferenciada	-10.2298	0.0000	-10.2259	0.0000	-10.2567	0.0000
	1%	-3.4717		-4.0168		-2.5796	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8796		-3.4383		-1.9428	
	10%	-2.5765		-3.1435		-1.6154	
Arroz	Em Nível	-0.8732	0.7945	-2.4899	0.3328	-1.1678	0.2211
	Diferenciada	-7.9727	0.0000	-7.9569	0.0000	-7.9292	0.0000
	1%	-3.4728		-4.0183		-2.5800	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8801		-3.4391		-1.9429	
	10%	-2.5767		-3.1439		-1.6153	
Feijão	Em Nível	-3.2478	0.0191	-5.0078	0.0003	-1.5490	0.1138
	Diferenciada	-10.2722	0.0000	-10.2575	0.0000	-10.3040	0.0000
	1%	-3.4715		-4.0164		-2.5795	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8795		-3.4382		-1.9428	
	10%	-2.5764		-3.1433		-1.6154	
Milho	Em Nível	-0.5205	0.8827	-2.5663	0.2964	-0.8872	0.3302
	Diferenciada	-3.9221	0.0024	-4.0563	0.0090	-3.8571	0.0002
	1%	-3.4743		-4.0204		-2.5805	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8807		-3.4401		-1.9430	
	10%	-2.5771		-3.1445		-1.6153	
Soja	Em Nível	-1.5748	0.4931	-4.7747	0.0008	-1.1247	0.2363
	Diferenciada	-9.5545	0.0000	-9.5336	0.0000	-9.5597	0.0000
	1%	-3.4720		-4.0172		-2.5797	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8797		-3.4385		-1.9429	
	10%	-2.5765		-3.1436		-1.6154	
Trigo	Em Nível	-1.2823	0.6373	-2.3172	0.4219	-1.4561	0.1354
	Diferenciada	-11.5702	0.0000	-11.5334	0.0000	-11.5539	0.0000
	1%	-3.4715		-4.0164		-2.5795	
	"t <sub>α</sub> " 5%	-2.8795		-3.4382		-1.9428	
	10%	-2.5764		-3.1433		-1.6154	

Fonte: Dados da pesquisa.

As séries de preços de algodão, feijão e soja, apesar de os resultados dos testes de raiz unitária indicarem estacionariedade na presença de tendência, foram diferenciadas uma vez, o mesmo sendo feito para as séries de preços das culturas de arroz, milho e trigo. De acordo com os testes para as séries diferenciadas, não se aceita a hipótese nula, de presença de raiz unitária para todas as séries, independentemente da presença de constante, constante e tendência e sem constante e sem tendência. A estimação dos coeficientes foi realizada considerando as séries na primeira diferença.

Os resultados dos coeficientes estimados são apresentados na Tabela 6, em que os valores entre parênteses são os erros-padrão de cada coeficiente. São apresentados ainda nessa tabela alguns indicadores da capacidade de previsão da série de preços previstos, com base nos coeficientes estimados. Além do  $R^2$ , têm-se a porcentagem do erro absoluto em relação à média (MAPE) e o índice de desigualdade de Theil (TIC). Quanto menor o valor do MAPE, melhor, enquanto o índice de Theil varia de zero a um, sendo desejáveis os valores próximo de zero. Além desses, são apresentados ainda a proporção do viés (BP), que indica quão longe a média da previsão está da média dos valores observados; a proporção da variância (VP), que indica quão longe a variância da série estimada está da variância dos valores observados; e a proporção da covariância (CVP) que indica o erro de previsão remanescente não-sistemático. A soma de BP, VP e CVP é igual à unidade e, quanto maior a proporção de CVP, melhor.

Os valores de  $R^2$  são baixos, o que pode ser devido ao fato de se utilizarem na estimação as séries diferenciadas. O indicador MAPE varia entre 7 e 9% para todas as culturas, com exceção do feijão, que apresentou o maior erro de previsão, equivalente a 13,64%. Esta cultura também apresenta o maior TIC, mas ainda assim um valor próximo de zero. Enquanto o TIC das outras culturas se situam entre os valores de 0,0428, no caso do arroz, e 0,0645, no caso da soja, o valor deste indicador para feijão é de 0,090. Os valores de BP e VP são baixos para todas as culturas, indicando a proximidade da média e da variância das séries estimadas dos valores da média e da variância das séries verdadeiras. O valor de CVP é maior que 0,98, indicando que a maior parcela do erro de previsão se deve principalmente a componentes não-sistemáticos da série.

Tabela 6 – Coeficientes estimados para as séries de preços das culturas de algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo

Cultura	Especificação do modelo	R <sup>2</sup>	MAPE	TIC	BP	VP	CVP
Algodão	$(1 - L^1)y_t = (1 + 0.308L^1 - 0.2967L^2 - 0.324L^3)e_t$ (0.0752) (0.0755) (0.0752)	0.1951	7.2289	0.0521	0.0003	0.0196	0.9800
Arroz	$(1 - L^1)(1 - 0.359L^1 + 0.277L^2 - 0.218L^3)y_t = (1 - 0.284L^6 + 0.301L^{12})e_t$ (0.080) (0.081) (0.077) (0.077) (0.077)	0.3116	7.1517	0.0428	0.0024	0.0001	0.9974
Feijão	$(1 - L^1)(1 + 0.208L^4)y_t = (1 - 0.258L^6 - 0.218L^9)e_t$ (0.079) (0.075) (0.076)	0.1383	13.6418	0.0900	0.0004	0.0067	0.9928
Milho	$(1 - L^1)(1 - 0.297L^1 + 0.537L^2)y_t = (1 - 0.387L^5)e_t$ (0.069) (0.070) (0.079)	0.3111	7.7149	0.0520	0.0026	0.0123	0.9850
Soja	$(1 - L^1)y_t = (1 + 0.196L^1)(1 - 0.323L^3)e_t$ (0.077) (0.074)	0.1231	8.8660	0.0645	0.0025	0.0007	0.9966
Trigo	$(1 - L^1)(1 - 0.284L^4)y_t = (1 + 0.147L^1)e_t$ (0.076) (0.079)	0.0849	7.5433	0.0448	0.0027	0.0031	0.9940

**Fonte: Resultados da pesquisa.**

O erro-padrão dos coeficientes está entre parênteses. Todos os valores foram estatisticamente significativos a 1% de probabilidade, com exceção do coeficiente  $\theta_1$  (0.196) da soja, significativo a 5%, e do coeficiente  $\theta_1$  (0.147) do trigo, significativo a 10%. L<sup>i</sup> indica o lag da série de preços  $y_t$ .

MAPE: *Mean Absolute Percentage Error*.

TIC: *Theil Inequality Coefficient*.

BP: *Bias Proportion*.

VP: *Variance Proportion*.

CVP: *Covariance Proportion*.

Obs.: Estes indicadores estão descritos na seção Metodologia.

## 4.2. Resultados da estimação dos coeficientes da função *translog* de lucro

### 4.2.1. Estimação do modelo *translog* em que o dispêndio total é a soma dos dispêndios com os insumos fertilizantes, mão-de-obra e defensivos

As séries de preços previstas são utilizadas na estimação da função *translog* de lucro, conforme a especificação apresentada no modelo analítico. São utilizadas as médias anuais dos preços previstos do ano agrícola seguinte, por considerar que o preço atual, no momento do plantio influencia as expectativas do que serão os preços na época da colheita. Assim, por exemplo, para o ano agrícola 1976/77, toma-se a média dos preços previstos para os trimestres T3, T4, T1 e T2, sendo T3 e T4 do ano de 1976 e T1 e T2 de 1977. Para as demais variáveis são utilizados os valores observados.

Conforme foi apresentado na seção Metodologia, esta pesquisa parte do pressuposto de que os produtores minimizam o custo. As demandas condicionadas são estimadas em função demanda irrestrita ( $x(w, p)$ ) e do multiplicador do dispêndio total (para maiores detalhes, ver a seção metodologia). São utilizados no modelo três insumos variáveis: fertilizantes, mão-de-obra e defensivos, além da área cultivada como insumo fixo. Devido à indisponibilidade de dados da utilização do serviço de máquinas ou de uma *proxy* que pudesse substituí-la, esta variável não foi especificada, apesar de sua importância. Desse modo, o dispêndio total calculado como sendo a soma dos dispêndios dos insumos variáveis utilizados nesta pesquisa não leva em conta todas as variáveis relevantes. Mesmo assim, foi estimado um modelo no qual a variável dispêndio total é a soma do dispêndio dos insumos variáveis especificados (fertilizantes, mão-de-obra e defensivos).

Inicialmente, tentou-se especificar a variável crédito como insumo fixo, tendo ainda como variável explicativa o dispêndio total. No entanto, devido ao alto grau de correlação entre estas duas variáveis, a estimação apresentou problemas. Tentou-se também a especificação da variável área cultivada como insumo variável, uma vez que os dados são relativos à produção agregada. Apesar de ser insumo fixo, quando se considera o nível do produtor, no agregado a área cultivada pode variar. No entanto, como Rezende (1980) argumenta, o preço da terra esteve durante algum tempo relacionado ao volume de crédito rural, de modo que a especificação desta variável como insumo variável também trouxe problemas na estimação do modelo.

A utilização de terra como variável explicativa da produção pode afetar os resultados. Isso decorre do fato de a área cultivada não ser uma variável exógena, mas determinada por outros fatores, alguns dos quais também determinantes da produção. Considerando área cultivada no agregado, esta apresenta um caráter de um insumo variável, que pode variar ano a ano, como de fato ocorre. Por outro lado, a variável terra é utilizada como sendo a soma das áreas cultivadas com as seis culturas utilizadas nesta pesquisa, ou seja, algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo. Considera-se que esta variável representa a dotação desse fator para essas culturas, a cada ano, justificando a sua utilização com um fator fixo. No entanto, como a dotação desse fator pode variar no longo prazo, assume-se que a produção destas culturas, em conjunto, apresente retornos constantes à escala.

A variável área cultivada, sendo endógena, poderia estar correlacionada com os erros aleatórios do modelo estimado. Por exemplo, um produtor que tenha recursos para plantar determinada área pode optar por plantar apenas a metade dela. A razão pode ser, por exemplo, determinada política do governo. Nesse caso, as razões estariam determinando tanto a área cultivada e a produção. Haveria, então, uma situação em que a variável área cultivada estaria correlacionada com o termo de erro aleatório e os resultados da estimação estariam viesados.

A principal hipótese desta pesquisa é o fato de o setor agropecuário enfrentar restrições na compra de insumos. Acredita-se que este seja o fator que poderá estar determinando e limitando a quantidade de área a ser cultivada e determinando também a produção. Como a variável dispêndio total é especificada no modelo, teria-se, então, um problema de colinearidade entre a variável área cultivada e dispêndio total. De fato, ao se estimar o modelo em que a variável dispêndio total é a soma dos dispêndios com fertilizantes, mão-de-obra e defensivos, os coeficientes estimados não são consistentes com a teoria, um dos indicativos do problema de multicolinearidade (os resultados são apresentados mais adiante). Ao utilizar o Crédito de Custeio como *proxy* do dispêndio total, elimina-se este problema. No entanto, isso não elimina o caráter endógeno da variável área cultivada. Mas, desde que esta não esteja correlacionada com o erro, os resultados da estimação por Mínimos Quadrados Ordinários são assegurados assintoticamente e os resultados obtidos não são viesados (JUDGE et al., 1988).

O modelo estimado é composto de 10 equações, em que as variáveis dependentes são as parcelas da receita (dispêndio) de cada cultura (insumo) no lucro

calculado<sup>13</sup> que corresponde a nove equações (seis relativas às culturas e três relativas aos insumos); a décima equação é a função *translog* de lucro. As variáveis explicativas são o intercepto, os preços dos produtos algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo; os preços dos insumos fertilizantes, mão-de-obra e defensivos; a quantidade de área cultivada, em ha, e o dispêndio total.

A condição de homogeneidade linear foi imposta em cada equação, sem, contudo, eliminar uma das equações como é feito usualmente. Para se obterem os erros-padrão dos coeficientes utilizados na imposição dessa condição, o modelo é estimado três vezes, alternando a variável que tem seus coeficientes calculados em função dos outros coeficientes estimados. A condição de convexidade foi testada e em todas as estimativas a função lucro apresentou-se como quase convexa.

As equações de parcela são obtidas por meio da derivação da função lucro em relação ao preço de cada produto (insumo), de modo que a maioria dos coeficientes da função lucro são estimados nas parcelas relativas aos produtos ou insumos. Na linha em que aparece a função lucro, nas tabelas que apresentam os coeficientes estimados, aparecem apenas três coeficientes, visto que o restante são os coeficientes estimados nas equações de parcela. Assim, o coeficiente do preço do algodão na função lucro corresponde ao intercepto da equação da parcela do algodão. Os termos cruzados da função de lucro correspondem aos coeficientes dos preços do produto e dos insumos nas equações de parcela. Alguns trabalhos estimam os coeficientes sem impor a condição de simetria, testando-se esta, e, se necessário, impõem a condição na estimação. No entanto, no caso desta pesquisa, em função do número de coeficientes e do período considerado (apenas 30 anos), foi necessário que a condição de simetria fosse imposta desde o início. Caso contrário, não haveria graus de liberdade suficientes para se proceder à estimação.

A Tabela 7 apresenta os coeficientes estimados para o sistema de equações especificado. Neste modelo, o dispêndio total é calculado como sendo a soma dos dispêndios com fertilizantes, mão-de-obra e defensivos e será denominado modelo M1. As linhas apresentam os resultados para cada equação de parcela, enquanto as colunas

---

<sup>13</sup> O lucro calculado corresponde à diferença entre a receita rotal das culturas menos o custo com os insumos variáveis utilizados nesta pesquisa. Como não se têm os dados relativos de utilização desses insumos para cada cultura, em cada ano, tomou-se o consumo de insumos por estas seis culturas como sendo a proporção de utilização desses insumos pelas seis culturas em conjunto com base no Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes, no caso de fertilizantes, e com base no Censo Agropecuário, para a variável mão-de-obra. A variável defensivos foi corrigida com base na participação da área dessas seis culturas na área total. Assim, a variação da quantidade dessas variáveis é relativa à variação total, mas a quantidade utilizada nos cálculos é proporcional à utilização desses insumos por essas culturas.

mostram os coeficientes de cada variável. Nas duas últimas linhas da tabela estão os valores de  $R^2$ . O modelo estimado apresentou bom ajustamento, com um  $R^2$  de 0,87 e um  $R^2$  ajustado de 0,84. Apesar disso, esta estimação apresenta alguns valores contrários ao esperado. Espera-se que o coeficiente do dispêndio total (DT) na equação de lucro, que representa o multiplicador do dispêndio, tenha sinal negativo, uma vez que o impacto direto do aumento do dispêndio no lucro é negativo. O aumento do dispêndio permitirá à firma aumentar a utilização dos insumos e conseqüentemente a produção, de modo que é esperado que seu impacto na produção seja positivo.

O coeficiente estimado para a variável dispêndio total na função lucro é positivo. Dessa forma, seu impacto na produção seria negativo, contrário ao esperado. Ao analisar as elasticidades calculadas na Tabela 8, tem-se que o impacto do dispêndio nas elasticidades é positivo e maior que a unidade. Para que a função de oferta seja definida, o impacto do dispêndio na produção deve ser menor que a unidade.

O fator fixo, área cultivada, de acordo com os resultados do modelo M1, teria um impacto negativo no lucro, equivalente a -10,587, valor que corresponde ao impacto desta variável no lucro total. Esse resultado não é consistente com a teoria nem com os dados de produção ao longo do período. O aumento da produção se deu muito mais em função da produtividade do que da área plantada, que apresentou variações ao longo do período, mas se manteve num patamar próximo aos 40 milhões de hectares. Apesar da maior influência da produtividade no aumento da produção, a variação na área cultivada parece ter uma correlação positiva com a produção. O aumento da produtividade por área ao longo dos anos deveu-se à intensificação do uso de fertilizantes, utilização de sementes melhoradas e correção de solo, além da adoção de outras práticas de cultivo que propiciaram melhores rendimentos. Certamente, esse aumento de produtividade significou elevação do custo por hectare. Para que área cultivada apresentasse um efeito negativo no lucro, seria necessário que o aumento do custo de produção devido a maior utilização de insumos tivesse sido mais que proporcional ao aumento na produtividade causado pela maior eficiência técnica, ou seja, que o aumento do custo variável médio fosse maior que a receita média. Se isso ocorresse, não faria sentido investir em aumento de produtividade. A Figura 6 mostra a evolução da área plantada, produção e produtividade por área de 1976/77 a 2005/2006.



Tabela 7 – Coeficientes estimados, custo total das variáveis fertilizantes, defensivos e mão-de-obra como *proxy* do dispêndio total

	Intercepto	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertilizantes	M. Obra	Defensivos	Área	Dispêndio
Algodão	-1,036 <sup>ns</sup> (1,034)	0,105 <sup>***</sup> (0,021)	-0,003 <sup>ns</sup> (0,016)	0,015 <sup>ns</sup> (0,014)	0,036 <sup>*</sup> (0,019)	-0,110 <sup>***</sup> (0,021)	0,006 <sup>ns</sup> (0,014)	-0,014 <sup>ns</sup> (0,023)	-0,070 <sup>**</sup> (0,029)	0,035 <sup>**</sup> (0,015)	-0,041 <sup>ns</sup> (0,069)	0,085 <sup>***</sup> (0,023)
Arroz	4,048 <sup>**</sup> (1,667)	0,314 <sup>***</sup> (0,028)	-0,024 <sup>ns</sup> (0,020)	-0,059 <sup>**</sup> (0,023)	-0,191 <sup>***</sup> (0,028)	0,006 <sup>ns</sup> (0,019)	-0,095 <sup>***</sup> (0,032)	-0,0095 <sup>***</sup> (0,068)	-0,009 <sup>ns</sup> (0,045)	0,063 <sup>***</sup> (0,022)	-0,404 <sup>***</sup> (0,106)	0,129 <sup>***</sup> (0,032)
Feijão	1,039 <sup>ns</sup> (1,994)	0,258 <sup>***</sup> (0,032)	0,258 <sup>***</sup> (0,032)	-0,114 <sup>***</sup> (0,019)	-0,201 <sup>***</sup> (0,032)	-0,008 <sup>ns</sup> (0,021)	-0,068 <sup>*</sup> (0,041)	0,122 <sup>**</sup> (0,059)	0,209 <sup>***</sup> (0,059)	0,020 <sup>ns</sup> (0,029)	-0,173 <sup>ns</sup> (0,135)	0,043 <sup>ns</sup> (0,047)
Milho	6,017 <sup>***</sup> (1,368)	0,342 <sup>***</sup> (0,035)	0,342 <sup>***</sup> (0,035)	0,342 <sup>***</sup> (0,035)	0,342 <sup>***</sup> (0,035)	-0,433 <sup>***</sup> (0,026)	0,027 <sup>ns</sup> (0,019)	-0,004 <sup>ns</sup> (0,032)	0,209 <sup>***</sup> (0,040)	-0,004 <sup>ns</sup> (0,020)	-0,272 <sup>***</sup> (0,091)	-0,075 <sup>**</sup> (0,031)
Soja	-1,504 <sup>ns</sup> (2,297)	0,466 <sup>***</sup> (0,060)	0,466 <sup>***</sup> (0,060)	0,466 <sup>***</sup> (0,060)	0,466 <sup>***</sup> (0,060)	0,466 <sup>***</sup> (0,060)	-0,203 <sup>***</sup> (0,029)	0,285 <sup>***</sup> (0,054)	0,353 <sup>***</sup> (0,069)	0,033 <sup>ns</sup> (0,037)	-0,146 <sup>ns</sup> (0,162)	0,100 <sup>*</sup> (0,060)
Trigo	-1,383 <sup>ns</sup> (1,998)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	0,191 <sup>***</sup> (0,026)	-0,017 <sup>ns</sup> (0,044)	-0,100 <sup>**</sup> (0,049)	0,098 <sup>***</sup> (0,027)	-0,011 <sup>ns</sup> (0,139)	0,079 <sup>ns</sup> (0,052)
Fertiliz.	1,976 <sup>ns</sup> (4,690)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,257 <sup>**</sup> (0,105)	-0,257 <sup>**</sup> (0,105)	0,307 <sup>***</sup> (0,109)	-0,137 <sup>**</sup> (0,056)	0,044 <sup>ns</sup> (0,319)	-0,172 <sup>ns</sup> (0,113)
M. Obra	-26,000 <sup>**</sup> (9,554)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,868 <sup>***</sup> (0,189)	0,056 <sup>ns</sup> (0,095)	2,535 <sup>***</sup> (0,560)	-0,598 <sup>***</sup> (0,079)
Defens.	8,741 <sup>ns</sup> (6,611)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	0,565 <sup>ns</sup> (10,587)	-0,163 <sup>**</sup> (0,068)	-0,565 <sup>ns</sup> (3,307)	0,046 <sup>ns</sup> (0,103)
F. Lucro	119,670 <sup>**</sup> (56,780)											3,424 <sup>***</sup> (0,273)
R <sup>2</sup>	0,878											
R <sup>2</sup> ajust.	0,844											

Fonte: Resultados da pesquisa.

Legenda: \*\*\*: significativo a 1%; \*\*: significativo a 5%; \*: significativo a 10%; ns.: não-significativo.

Tabela 8 – Elasticidades calculadas, custo total das variáveis fertilizantes, defensivos e mão-de-obra como *proxy* do dispêndio

	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertilizante	M. Obra	Defensivos	Área	Dispêndio
Algodão	0,508 <sup>*</sup> (0,285)	0,226 <sup>IS</sup> (0,221)	0,417 <sup>**</sup> (0,191)	0,947 <sup>***</sup> (0,266)	-0,884 <sup>***</sup> (0,282)	0,166 <sup>IS</sup> (0,193)	-0,271 <sup>IS</sup> (0,322)	-1,398 <sup>***</sup> (0,394)	0,290 <sup>IS</sup> (0,202)	-11,145 <sup>***</sup> (3,820)	-2,263 <sup>***</sup> (0,447)
Arroz	0,061 <sup>IS</sup> (0,060)	0,431 <sup>***</sup> (0,105)	0,123 <sup>*</sup> (0,073)	0,230 <sup>**</sup> (0,084)	-0,086 <sup>IS</sup> (0,104)	0,104 <sup>IS</sup> (0,069)	-0,437 <sup>***</sup> (0,120)	-0,466 <sup>***</sup> (0,168)	0,042 <sup>IS</sup> (0,083)	-12,082 <sup>***</sup> (3,568)	-2,947 <sup>***</sup> (0,293)
Feijão	0,145 <sup>**</sup> (0,066)	0,158 <sup>*</sup> (0,094)	0,437 <sup>***</sup> (0,150)	-0,094 <sup>IS</sup> (0,088)	-0,335 <sup>**</sup> (0,150)	0,045 <sup>IS</sup> (0,099)	-0,411 <sup>**</sup> (0,197)	0,148 <sup>IS</sup> (0,279)	-0,093 <sup>IS</sup> (0,136)	-11,408 <sup>***</sup> (3,589)	-3,220 <sup>***</sup> (0,355)
Milho	0,153 <sup>***</sup> (0,043)	0,138 <sup>**</sup> (0,051)	-0,044 <sup>IS</sup> (0,077)	0,210 <sup>**</sup> (0,077)	-0,341 <sup>***</sup> (0,057)	0,144 <sup>***</sup> (0,043)	-0,096 <sup>IS</sup> (0,071)	0,034 <sup>IS</sup> (0,088)	-0,199 <sup>***</sup> (0,044)	-11,192 <sup>***</sup> (3,395)	-3,592 <sup>***</sup> (0,291)
Soja	-0,104 <sup>***</sup> (0,033)	-0,037 <sup>IS</sup> (0,045)	-0,113 <sup>**</sup> (0,051)	-0,247 <sup>***</sup> (0,041)	0,372 <sup>***</sup> (0,097)	-0,244 <sup>***</sup> (0,046)	0,374 <sup>***</sup> (0,086)	0,137 <sup>IS</sup> (0,111)	-0,136 <sup>**</sup> (0,059)	-10,821 <sup>***</sup> (3,382)	-3,263 <sup>***</sup> (0,294)
Trigo	0,146 <sup>IS</sup> (0,170)	0,337 <sup>IS</sup> (0,225)	0,115 <sup>IS</sup> (0,250)	0,781 <sup>***</sup> (0,231)	-1,826 <sup>***</sup> (0,345)	1,382 <sup>***</sup> (0,316)	-0,289 <sup>IS</sup> (0,529)	-1,636 <sup>**</sup> (0,595)	0,990 <sup>***</sup> (0,320)	-10,714 <sup>***</sup> (3,962)	-2,475 <sup>***</sup> (0,675)
Fertilizantes	-0,030 <sup>***</sup> (0,009)	-0,269 <sup>***</sup> (0,013)	-0,158 <sup>***</sup> (0,019)	0,457 <sup>***</sup> (0,013)	2,046 <sup>***</sup> (0,024)	-0,035 <sup>*</sup> (0,021)	-2,335 <sup>***</sup> (0,566)	1,383 <sup>***</sup> (0,530)	-0,913 <sup>***</sup> (0,302)	-10,360 <sup>***</sup> (3,429)	-4,307 <sup>***</sup> (0,911)
M. Obra	-0,036 <sup>***</sup> (0,011)	0,204 <sup>***</sup> (0,016)	0,316 <sup>***</sup> (0,023)	0,697 <sup>***</sup> (0,015)	0,937 <sup>***</sup> (0,028)	-0,054 <sup>**</sup> (0,024)	0,303 <sup>**</sup> (0,123)	-2,053 <sup>***</sup> (0,182)	-0,153 <sup>IS</sup> (0,119)	-8,002 <sup>***</sup> (2,822)	-4,034 <sup>***</sup> (0,657)
Defensivos	0,120 <sup>***</sup> (0,009)	0,364 <sup>***</sup> (0,013)	0,240 <sup>***</sup> (0,019)	0,470 <sup>***</sup> (0,013)	0,658 <sup>***</sup> (0,024)	0,279 <sup>***</sup> (0,021)	-0,336 <sup>**</sup> (0,147)	-0,063 <sup>IS</sup> (0,204)	-1,586 <sup>***</sup> (0,177)	-11,897 <sup>***</sup> (3,138)	-3,318 <sup>***</sup> (0,302)
F. Lucro	0,070	0,267	0,208	0,447	0,617	0,080	-0,079	-0,426	-0,175	-10,587 <sup>***</sup> (3,307)	3,424 <sup>***</sup> (0,273)

Fonte: Resultados da pesquisa.

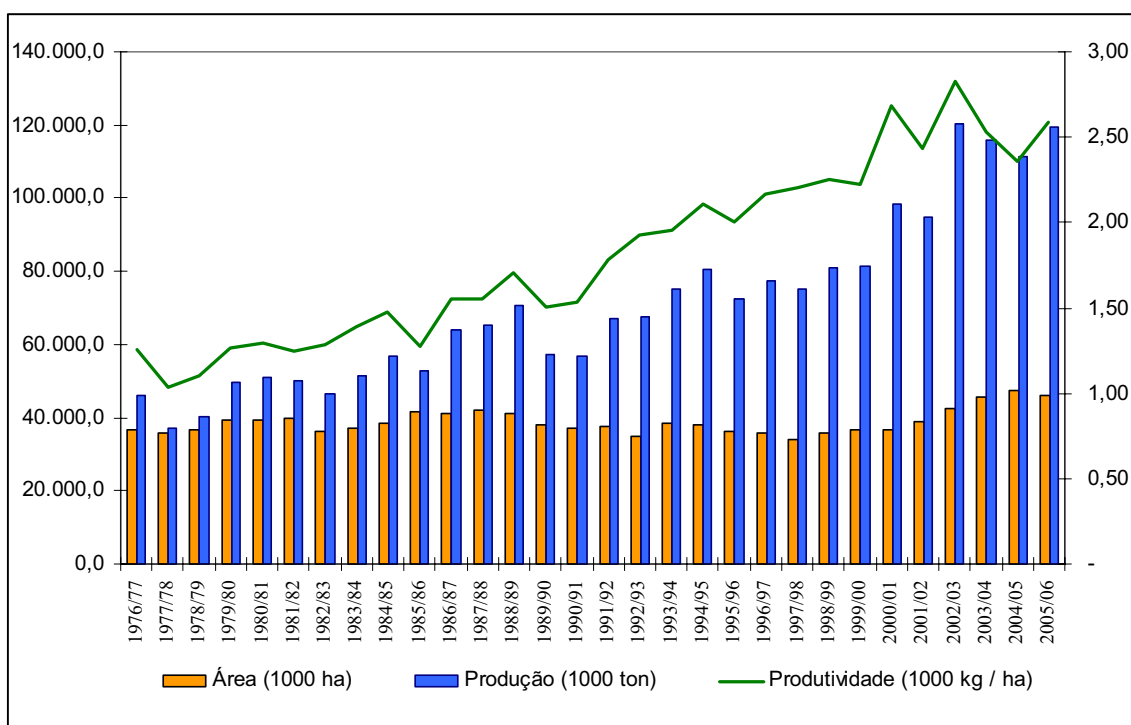


Figura 6 – Evolução da área plantada, produção e produtividade média das culturas algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, 1976/77 a 2005/06.

#### 4.2.2. Estimação do modelo *translog* em que o crédito rural é utilizado como *proxy* do dispêndio total

Em razão de os resultados do modelo M1 para a variável dispêndio total e área cultivada não parecerem consistentes, realizou-se então uma estimação utilizando-se o crédito total de custeio<sup>14</sup> como *proxy* para o dispêndio total (DT). Este modelo é denominado M2. A utilização do crédito de custeio como *proxy* do dispêndio total é feita em função da correlação desta variável com as despesas com insumos variáveis, acrescida da parcela de gastos com o fator terra, tomando-se como preço da terra seu valor do aluguel por hectare. As duas séries apresentam uma correlação de 0,83, indicando que o crédito está relacionado com o custo econômico.

<sup>14</sup> Crédito Total de Custeio disponibilizado pelo Sistema Nacional de Crédito Rural. É utilizado o crédito total para as seis culturas especificadas neste modelo – algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo.

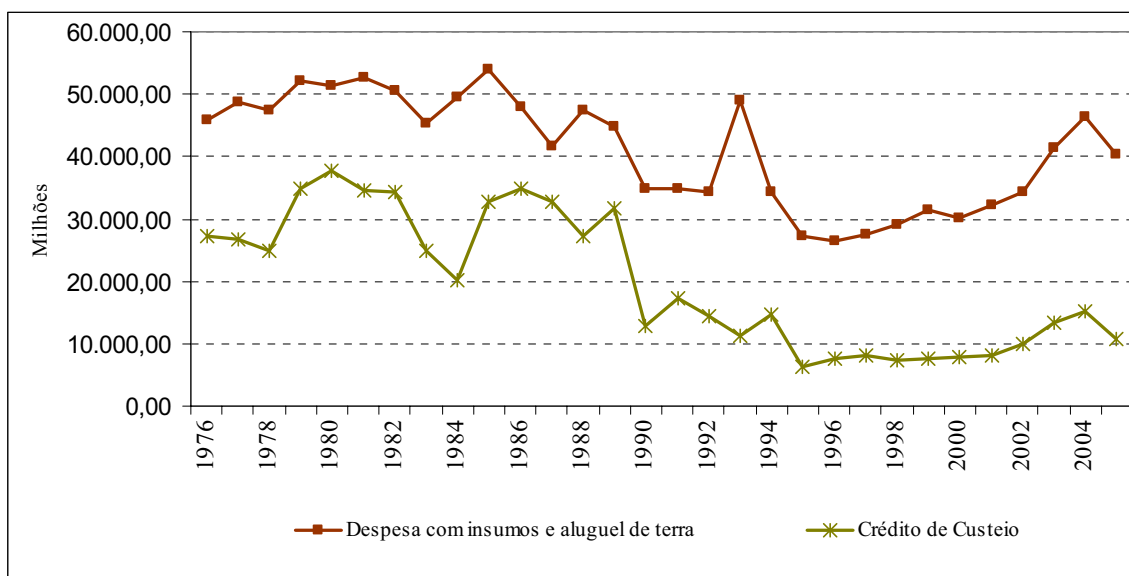


Figura 7 – Evolução das despesas com terra mais insumos (fertilizantes, defensivos e mão-de-obra) e crédito rural de custeio, no período de 1976 a 2005, considerando o crédito oficial disponibilizado para as culturas especificadas no modelo (algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo).

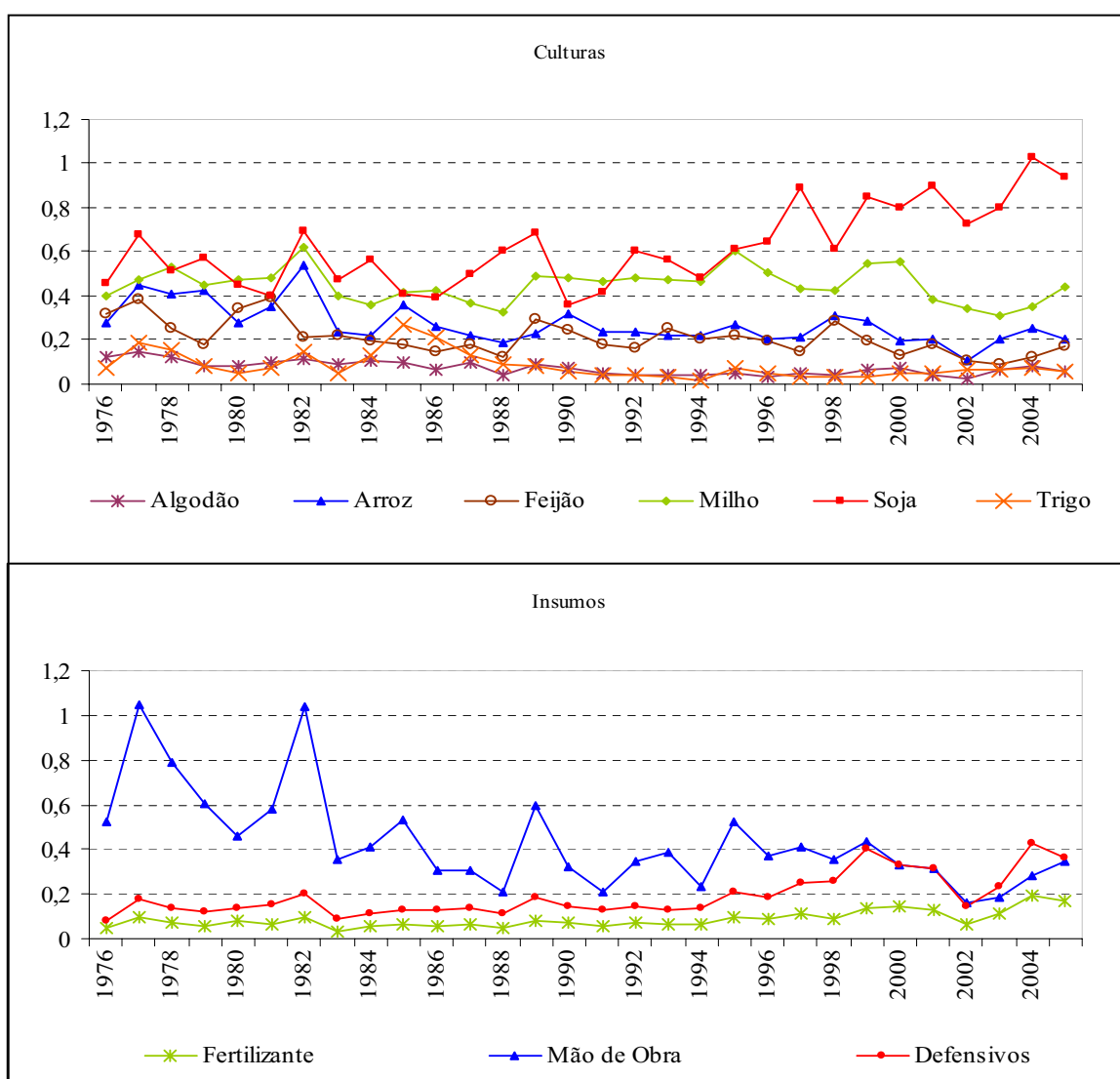
Os coeficientes estimados são apresentados na Tabela 9. O coeficiente do DT na função lucro é de  $-0,457$ , estatisticamente significativo a 1%, apresentando magnitude e sinal esperados. Conforme apresentado na seção metodologia, espera-se que o impacto do dispêndio na função de lucro seja o efeito líquido do somatório do impacto do dispêndio nas parcelas de receita dos produtos e dispêndio de insumos. O impacto do dispêndio no lucro ( $\zeta_c$ ) é  $0,457$ , enquanto o somatório do impacto do dispêndio nas equações de parcela é igual a  $0,50$ , não rejeitando a hipótese de que estes valores sejam iguais, ao nível de 1% de probabilidade, avaliado pelo teste “t”.

Tabela 9 – Coeficientes estimados, crédito total de custeio como proxy do dispêndio total

	Intercepto	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertilizantes	M. Obra	Defensivos	Área	Dispêndio
Algodão	-3,001 (1,826)	0,108*** (0,025)	-0,024 (0,021)	0,036** (0,016)	0,018 (0,029)	-0,040 (0,026)	0,007 (0,021)	-0,008 (0,017)	-0,111*** (0,025)	0,013 (0,013)	0,231** (0,109)	-0,020 (0,014)
Arroz	3,256 (2,242)	0,284*** (0,033)	-0,029 (0,021)	-0,029 (0,021)	-0,083** (0,034)	-0,103*** (0,032)	-0,010 (0,023)	-0,020 (0,020)	-0,040 (0,027)	0,025* (0,015)	-0,207 (0,133)	0,032 (0,016)
Feijão	1,092 (1,966)	0,270*** (0,026)	0,270*** (0,026)	0,270*** (0,026)	-0,060** (0,026)	-0,110*** (0,029)	-0,020 (0,022)	-0,005 (0,016)	-0,078*** (0,028)	-0,005 (0,013)	-0,051 (0,118)	0,006 (0,015)
Milho	4,784** (2,124)				0,451*** (0,061)	-0,276*** (0,037)	0,011 (0,028)	-0,006 (0,026)	-0,056* (0,033)	0,001 (0,019)	-0,146 (0,127)	0,006 (0,015)
Soja	-8,990** (3,573)					0,591*** (0,064)	-0,135*** (0,039)	0,031 (0,020)	0,022 (0,037)	0,020 (0,022)	0,717*** (0,213)	-0,051 (0,027)
Trigo	-4,501* (2,616)						0,185*** (0,041)	-0,019 (0,015)	-0,003 (0,028)	-0,016 (0,019)	0,347** (0,159)	-0,058 (0,024)
Fertiliz.	-1,081 (1,087)							0,048* (0,025)	-0,017 (0,021)	-0,005 (0,011)	0,100 (0,066)	-0,021 (0,011)
M.Obra	6,743** (2,473)								0,318*** (0,062)	-0,036** (0,018)	-0,431** (0,158)	-0,028 (0,016)
Defens.	-3,997** (1,652)									0,002 (0,012)	0,368*** (0,101)	-0,091 (0,013)
F. Lucro	-40,174** (17,166)										4,484*** (1,033)	-0,457 (0,104)
R <sup>2</sup>	0,885											
R <sup>2</sup> ajust.	0,853											

Fonte: Resultados da pesquisa.

A variável dispêndio total foi não-significativa apenas para algodão e feijão. Nas equações de fertilizantes e mão-de-obra foi significativa a 10% apenas. Os coeficientes estimados do dispêndio total em relação às parcelas de produtos e insumos foram negativos, da mesma forma que para a equação de lucro, exceto arroz e feijão. Com exceção dessas duas culturas, uma redução do dispêndio representaria aumento da parcela das demais e também dos insumos, representando maior participação das culturas algodão, milho, soja, trigo e insumos no lucro. A Figura 8 mostra a evolução das parcelas dos produtos e dos insumos ao longo do período analisado.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 8 – Evolução das parcelas das culturas e dos insumos no lucro.

No caso das culturas, a soja passou a representar maior parcela da receita no lucro, com aumento de aproximadamente 50% em relação ao início do período. Milho permanece no mesmo patamar, enquanto feijão e arroz apresentam ligeira tendência de queda. No caso dos insumos, mão-de-obra apresenta um decréscimo da parcela ao longo dos anos, o que é compatível com a modernização da agricultura e adoção de tecnologias mais intensiva em capital, contra pequeno aumento das parcelas de fertilizantes e defensivos. É bom lembrar que a apresentação em figuras separadas é feita apenas para facilitar a análise. A soma das parcelas das culturas mais a soma das parcelas dos insumos é igual à unidade.

A variável área cultivada apresenta impacto positivo na função lucro, conforme esperado, de 4,484. Este valor, que representa a elasticidade da variável área cultivada no lucro total, indica que um aumento da área cultivada de 1% elevaria o lucro dessas seis culturas em 4,484%. Conforme discutido anteriormente, este valor é consistente com os aumentos de produtividade ocorridos ao longo dos anos, uma vez que se espera que a receita média seja maior que o custo variável médio. Assim, ao se aumentar a área cultivada, haveria elevação da receita mais que proporcional ao aumento nos custos variáveis. O impacto desta variável nas parcelas não foi significativo para arroz, feijão, milho e fertilizantes, indicando que variações na área cultivada não alteram a parcela dessas culturas e fertilizantes. No caso de algodão, soja, trigo e defensivos, a área cultivada influencia positivamente na participação dessas variáveis no lucro. A parcela de mão-de-obra decresce com o aumento da área cultivada, o que é consistente com a redução da participação dessa variável no lucro calculado (Figura 8), resultado da intensificação do uso de capital e de tecnologias poupadoras de mão-de-obra na agricultura.

A Tabela 10 apresenta as elasticidades calculadas para o modelo M2. O impacto do DT na oferta dos produtos e demanda dos fatores é dado pelo impacto desta variável no lucro mais o impacto individual na parcela. A elasticidade do DT na oferta é estatisticamente significativa para todas as culturas, com exceção de algodão e trigo; no caso dos insumos, só não o é para defensivos. O DT apresenta maior elasticidade para as culturas arroz e feijão, respectivamente, de 0,576 e 0,487, seguidos das culturas de milho (0,345) e soja (0,239).

Tabela 10 – Elasticidades calculadas, crédito total de custeio como *proxy* do dispêndio

	Algodão	Aroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertilizantes	M. Obra	Defensivos	Área	Dispêndio
Algodão	0,551 <sup>ns</sup> (0,342)	-0,055 <sup>ns</sup> (0,283)	0,710 <sup>***</sup> (0,226)	0,698 <sup>*</sup> (0,393)	0,073 <sup>ns</sup> (0,352)	0,185 <sup>ns</sup> (0,282)	-0,201 <sup>ns</sup> (0,234)	-1,955 <sup>***</sup> (0,343)	-0,006 <sup>ns</sup> (0,179)	7,652 <sup>***</sup> (1,741)	0,181 <sup>ns</sup> (0,242)
Aroz	-0,015 <sup>ns</sup> (0,076)	0,321 <sup>**</sup> (0,122)	0,102 <sup>ns</sup> (0,076)	0,142 <sup>ns</sup> (0,125)	0,239 <sup>**</sup> (0,117)	0,045 <sup>ns</sup> (0,085)	-0,159 <sup>**</sup> (0,074)	-0,579 <sup>***</sup> (0,099)	-0,097 <sup>*</sup> (0,057)	3,717 <sup>***</sup> (0,954)	0,576 <sup>***</sup> (0,110)
Feijão	0,246 <sup>***</sup> (0,078)	0,131 <sup>ns</sup> (0,098)	0,496 <sup>***</sup> (0,126)	0,162 <sup>ns</sup> (0,124)	0,097 <sup>ns</sup> (0,138)	-0,013 <sup>ns</sup> (0,103)	-0,107 <sup>ns</sup> (0,076)	-0,801 <sup>***</sup> (0,131)	-0,212 <sup>***</sup> (0,062)	4,239 <sup>***</sup> (0,966)	0,487 <sup>***</sup> (0,115)
Milho	0,113 <sup>*</sup> (0,064)	0,085 <sup>ns</sup> (0,075)	0,076 <sup>ns</sup> (0,058)	0,452 <sup>***</sup> (0,136)	0,008 <sup>ns</sup> (0,082)	0,108 <sup>*</sup> (0,063)	-0,098 <sup>*</sup> (0,058)	-0,555 <sup>***</sup> (0,074)	-0,188 <sup>***</sup> (0,041)	4,159 <sup>***</sup> (1,012)	0,345 <sup>***</sup> (0,114)
Soja	0,009 <sup>ns</sup> (0,041)	0,104 <sup>**</sup> (0,051)	0,033 <sup>ns</sup> (0,047)	0,006 <sup>ns</sup> (0,060)	0,573 <sup>***</sup> (0,103)	-0,135 <sup>**</sup> (0,063)	-0,036 <sup>ns</sup> (0,033)	-0,396 <sup>***</sup> (0,059)	-0,158 <sup>***</sup> (0,036)	5,639 <sup>***</sup> (1,008)	0,239 <sup>**</sup> (0,115)
Trigo	0,162 <sup>ns</sup> (0,247)	0,145 <sup>ns</sup> (0,278)	-0,034 <sup>ns</sup> (0,261)	0,585 <sup>*</sup> (0,339)	-1,009 <sup>**</sup> (0,472)	1,308 <sup>**</sup> (0,495)	-0,309 <sup>*</sup> (0,181)	-0,471 <sup>ns</sup> (0,341)	-0,378 <sup>*</sup> (0,226)	8,663 <sup>***</sup> (2,205)	-0,235 <sup>ns</sup> (0,345)
Fertiliz.	0,230 <sup>***</sup> (0,028)	0,796 <sup>***</sup> (0,031)	0,329 <sup>***</sup> (0,030)	0,484 <sup>***</sup> (0,033)	-0,376 <sup>***</sup> (0,054)	0,405 <sup>***</sup> (0,048)	-2,247 <sup>***</sup> (0,589)	-0,084 <sup>ns</sup> (0,495)	-0,255 <sup>ns</sup> (0,258)	2,142 <sup>ns</sup> (2,106)	0,950 <sup>*</sup> (0,511)
M. Obra	0,555 <sup>***</sup> (0,034)	0,512 <sup>***</sup> (0,037)	0,583 <sup>***</sup> (0,037)	0,619 <sup>***</sup> (0,043)	0,279 <sup>***</sup> (0,059)	-0,004 <sup>ns</sup> (0,052)	-0,043 <sup>ns</sup> (0,103)	-2,965 <sup>***</sup> (0,309)	-0,183 <sup>**</sup> (0,083)	6,493 <sup>***</sup> (1,688)	0,588 <sup>***</sup> (0,190)
Defens.	-0,109 <sup>***</sup> (0,028)	0,067 <sup>**</sup> (0,031)	0,271 <sup>***</sup> (0,031)	0,342 <sup>***</sup> (0,034)	0,143 <sup>**</sup> (0,055)	0,135 <sup>**</sup> (0,049)	-0,076 <sup>ns</sup> (0,124)	-0,106 <sup>ns</sup> (0,195)	-1,389 <sup>***</sup> (0,141)	0,580 <sup>ns</sup> (1,732)	1,421 <sup>ns</sup> (0,965)
F. Lucro	0,052 <sup>-</sup>	0,245 <sup>-</sup>	0,192 <sup>-</sup>	0,430 <sup>-</sup>	0,592 <sup>-</sup>	0,061 <sup>-</sup>	-0,077 <sup>-</sup>	-0,403 <sup>-</sup>	-0,174 <sup>-</sup>	4,484 <sup>***</sup> (1,033)	0,457 <sup>***</sup> (0,104)

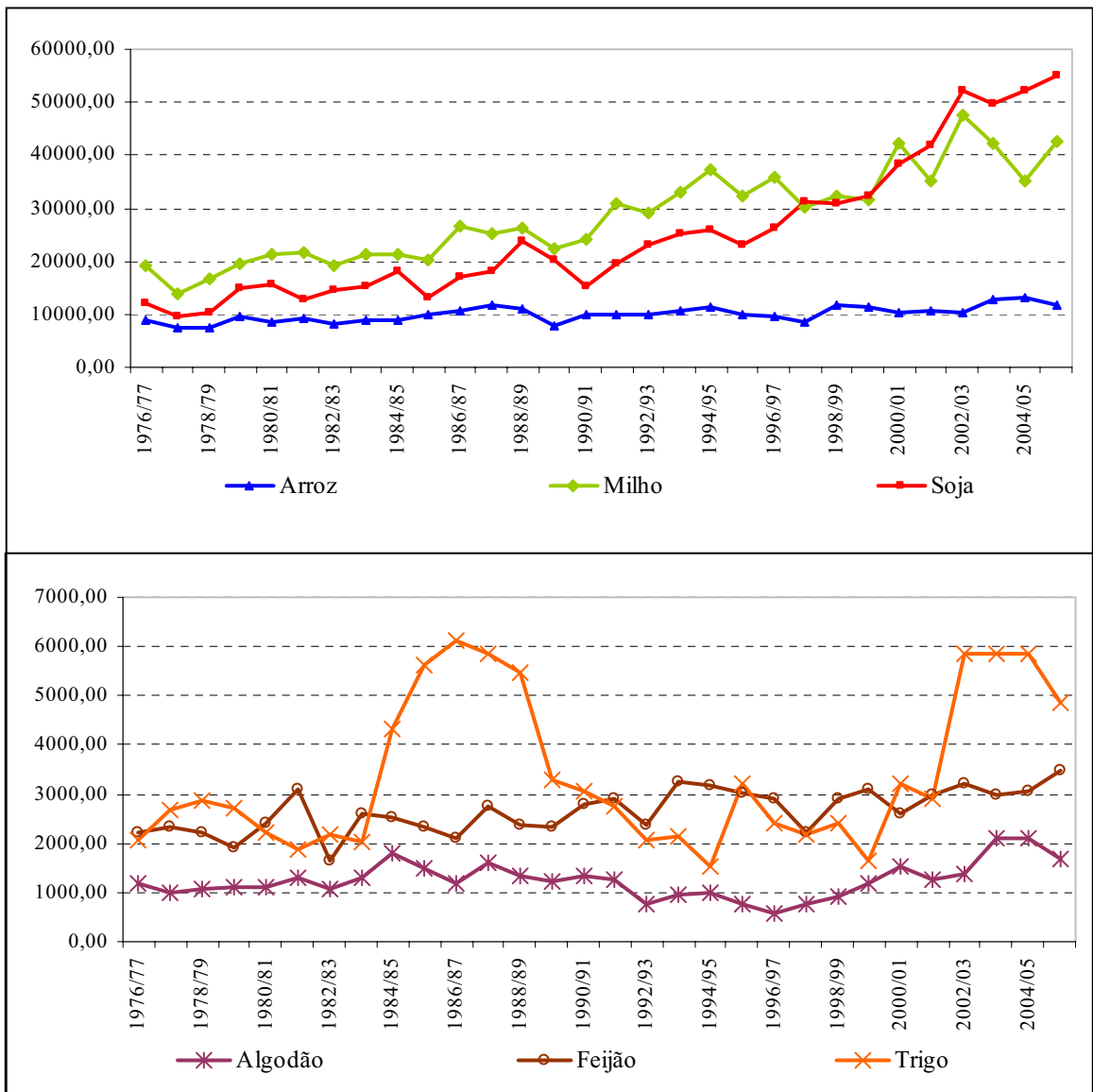
Fonte: Resultados da pesquisa.



O coeficiente do dispêndio total na função oferta, que corresponde a  $\partial \ln y / \partial \ln c$ , equivale à razão entre o Custo Variável Médio (CVMe) e o Custo Marginal (CMa). Logo,  $\partial \ln y / \partial \ln c < 1$ , indicando que CMa é maior que o CVMe, que é a condição básica para a oferta do produto em um mercado competitivo, no curto prazo. Na região de produção em que o CVMe é menor que o CMa, à medida que se aumenta a produção, o CMa cresce mais rapidamente que o custo médio. Maiores valores da elasticidade da produção em relação ao DT indicam maior proximidade da atividade do “ponto de fechamento”, que equivale ao mínimo do custo variável, e  $CVMe = CMa$ . Se os produtores maximizam o lucro,  $P = RMe = CMa$ . Os resultados mostram que as culturas de soja e milho são as que apresentam melhor relação  $RMe/CVMe$  em relação às culturas de arroz e feijão.

A evolução da produção individual dessas culturas é apresentada na Figura 9. Soja e milho são as culturas que apresentaram maior crescimento da produção ao longo do período analisado. Arroz e feijão, em menor escala, também apresentaram um ligeiro aumento em relação ao período inicial. Algodão e trigo apresentaram comportamento bastante instável ao longo do período. Sabe-se, no entanto, que algodão e trigo são culturas que passaram por problemas no período analisado. A abertura comercial no início da década de 1990 levou a uma concorrência maior para o algodão nacional e redução dos subsídios para o trigo.

As demandas de insumos apresentaram coeficiente da variável dispêndio total estatisticamente significativo somente para mão-de-obra e fertilizantes, ambas positivamente correlacionadas com esta variável. O impacto do DT na demanda de fertilizantes é de 0,950, mas significativo a 10% apenas. Isso indica que aumentos da disponibilidade de recursos levariam a aumentos na demanda de fertilizantes quase na mesma magnitude. O impacto de 0,588 na demanda de mão-de-obra parece não condizer com a maior utilização de tecnologias menos intensivas neste fator de produção. Todavia, a redução da parcela de mão-de-obra no lucro, apresentada na Figura 8, deveu-se muito mais à redução do preço da mão-de-obra, em que foi utilizado o salário mínimo como *proxy* desta variável, do que à redução da demanda de mão-de-obra. A menor magnitude do impacto do DT na variável mão-de-obra em relação ao impacto na variável fertilizantes é consistente com o processo de utilização de insumos modernos pelo setor. A Figura 10 apresenta a evolução da quantidade de insumos utilizada pelas culturas analisadas nesta pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 9 – Evolução da produção das culturas analisadas nesta pesquisa (em 1.000 toneladas).

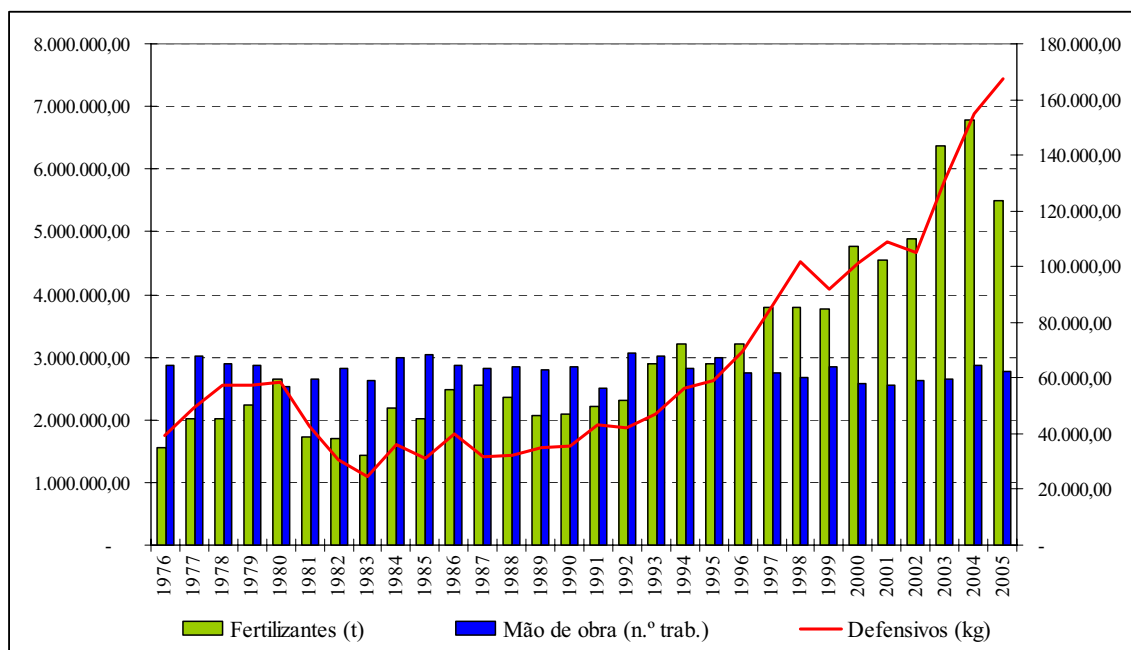


Figura 10 – Evolução da quantidade de fertilizantes, mão-de-obra e defensivos utilizados pelas culturas analisadas nesta pesquisa.<sup>15</sup>

A quantidade de mão-de-obra, ao contrário do que se poderia esperar, permanece estável ao longo do tempo. Conforme discutido anteriormente, dado o processo de modernização da agricultura, com a intensificação do uso de máquinas, esperava-se que a quantidade de mão-de-obra utilizada diminuísse ao longo do tempo. Entretanto, os dados relativos a mão-de-obra utilizados são originados da PNAD<sup>16</sup>, que representam a mão-de-obra empregada no meio rural em nível nacional. A produção agrícola do País está concentrada na região Centro-Sul, de modo que a possível substituição de mão-de-obra esteja diluída na série de dados utilizada. É interessante notar que, mesmo a quantidade de mão-de-obra permanecendo num patamar estável ao longo do período, a redução no salário e o aumento do consumo de fertilizantes e defensivos levaram a um aumento da parcela destes e redução da parcela de mão-de-obra. Apesar de permanecer num patamar estável, as oscilações da quantidade de mão-de-obra empregada no meio rural apresentam certa correlação com a evolução do dispêndio total, pelo menos até o início da década de 1990, quando se nota tendência de redução dessa quantidade. Esse período coincide com a intensificação do processo de

<sup>15</sup> Calculada como especificado na nota de rodapé.

<sup>16</sup> Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar – IBGE.

mecanização da agricultura, com a criação do FINAME rural e, mais para o final da década, do MODERFROTA, programa específico do BNDES para financiamento de máquinas agrícolas.

O consumo de fertilizantes não apresentou uma tendência definida até o início da década de 1990. A evolução do consumo neste período coincide com a evolução do crédito rural, que cresceu no início da década de 1970, passando a declinar no início da década de 1980, mas voltando a crescer em 1986. Na segunda metade da década de 1980 a redução do consumo de fertilizantes vai até 1988 apenas, enquanto a redução do volume de crédito disponibilizado ainda permanece por mais alguns anos. De acordo com Goldin e Rezende (1993), na década de 1980, as mudanças na Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) aumentaram os recursos destinados ao setor agropecuário por meio desta política e garantiram um ritmo de crescimento da agricultura maior que os outros setores. Essa mudança compensou em parte a redução dos recursos oriundos do crédito rural. Essa compensação pode ter contribuído para menor redução do consumo de fertilizantes nesse período. A abertura econômica em 1990 e o fim do protecionismo da indústria local contribuíram para a redução do preço dos fertilizantes e para o crescimento do consumo até o final do período analisado, enquanto o crédito rural somente voltou a crescer a partir de 1996.

A trajetória do consumo de defensivos acompanha de perto a do consumo de fertilizantes, apresentando maiores oscilações ao longo do período. Os dados de defensivos foram os mais difíceis de serem obtidos, em função de um período em que, segundo a ANDEF<sup>17</sup>, não existiam estatísticas sobre a quantidade e preço de desse insumo. As estatísticas publicadas pelo IBGE se interromperam em 1992; a partir de 1999, os dados foram disponibilizados pela ANDEF. Desse modo, os resultados relativos a essa variável podem estar comprometidos pela qualidade dos dados, em virtude das dificuldades de se obterem os dados relativos a esta variável.

A elasticidade da oferta com relação à variável área cultivada é significativa a 1% de probabilidade para todas as culturas. Os valores variam de 3,717 para a cultura do arroz a 8,663 para a cultura do trigo, indicando que variações na área cultivada levavam a variações mais que proporcionais na produção dessas culturas. Analisando o comportamento da área cultivada na Figura 6, pode-se observar que o comportamento dessa variável ao longo do período apresenta uma correlação positiva com a produção.

---

<sup>17</sup> Informação obtida de um funcionário da ANDEF. De fato, as estatísticas relativas a defensivos no Anuário Estatístico do Brasil, pelo IBGE, são interrompidas em 1992.

Esta, por sua vez, mostra-se muito mais correlacionada com a produtividade. Pequenas variações na área cultivada, dado o aumento crescente da produtividade, deve proporcionar aumentos mais que proporcionais na produção, conforme indicam os resultados obtidos.

Outra situação pode estar relacionada a uma resposta mais que proporcional da produção em relação a variações na área cultivada, apesar de este fato não ser captado nas análises. Trata-se da origem da produção em relação ao tamanho das propriedades. A Tabela 11 mostra a porcentagem do número de informantes, a área cultivada e o valor bruto da produção para alguns estratos de área para algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo, com base nos dados do Censo Agropecuário de 1995/1996.

Em média, 98,4% dos informantes possuem área até 500 hectares (ha), são responsáveis por 74,5% da área cultivada e respondem por 68,96% do Valor Bruto da Produção (VBP). A soja é a cultura que tem a menor participação do número de informantes, área cultivada e VBP em propriedades com menos de 500 ha, correspondendo a 96,71% dos informantes, 52,34% da área cultivada e 52,79% do VBP. Na cultura do feijão, 99,36% dos informantes possuem propriedades com área abaixo de 500 há e são responsáveis pelo cultivo de 93,76% da área total e participam com 85,83% do VBP. Estes dados mostram que a maior parte da área cultivada é realizado em propriedades com áreas inferiores a 500 ha e são responsáveis pela maior parte do VBP. Se esses dados estão relacionados com a elasticidade da oferta em relação à área, era de se esperar que aquelas culturas com maior elasticidade fossem as que apresentassem maior parte da produção originada de propriedades de menor tamanho.

Tabela 11 – Número de informantes, área colhida e valor bruto da produção para as culturas selecionadas

	Estrato de área	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Média
Informantes	Menos de 10	44.49	47.18	54.63	49.31	23.54	16.58	39.29
	Até 100	92.80	88.39	94.41	91.36	88.21	91.39	91.09
	Até 500	99.04	98.14	99.36	98.59	96.71	98.58	98.40
	Até 1.000	99.60	99.18	99.78	99.43	98.38	99.47	99.31
	Até 10.000	99.98	99.97	99.99	99.98	99.94	100.00	99.98
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Área colhida	Menos de 10	14.33	14.33	33.70	16.63	2.06	2.91	13.99
	Até 100	54.39	40.88	80.54	57.29	26.62	49.14	51.48
	Até 500	76.53	63.94	93.76	79.07	52.34	81.38	74.50
	Até 1.000	83.33	73.45	96.39	86.90	66.29	90.47	82.81
	Até 10.000	95.21	95.23	99.71	98.88	95.93	99.95	97.48
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Valor bruto da produção	Menos de 10	9.65	8.49	26.48	9.73	1.78	2.37	9.75
	Até 100	45.09	29.72	69.25	47.47	26.35	43.14	43.50
	Até 500	69.45	56.58	85.83	72.44	52.79	76.66	68.96
	Até 1.000	77.95	69.86	90.55	82.06	67.09	86.78	79.05
	Até 10.000	93.13	95.53	99.11	98.37	96.06	99.98	97.03
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fonte: IBGE (2008).

A elasticidade da produção com relação ao tamanho da propriedade está relacionada ao tamanho ótimo da firma. Tome-se como exemplo o trabalho de Conte e Ferreira Filho (2006). Estes autores analisaram a economia de tamanho para a cultura da soja no Centro-Oeste e Sul do Brasil, utilizando dados primários. Os resultados mostraram que 91% dos produtores na região Sul e 83% na região Centro-Oeste estão abaixo do tamanho ótimo, o que possibilitaria economias de tamanho. O tamanho ótimo da propriedade foi de aproximadamente 3.000 ha. De acordo com a teoria, nesta situação, se os produtores aumentarem o tamanho de suas propriedades, têm possibilidade de obter economias de tamanho e, ou, economias de escala. No caso da atividade agropecuária, esta situação não é tão simples. O produtor pode perceber a possibilidade da obtenção desses ganhos e ter interesse em aumentar o tamanho da área ou escala de produção, mas não ter área disponível no entorno de sua propriedade, ficando, desse modo, impossibilitado de tirar proveito dos ganhos de tamanho ou de escala<sup>18</sup>.

Os resultados encontrados na pesquisa de Conte e Ferreira Filho (2006) não podem ser extrapolados para outras culturas. Cada uma delas, certamente, irá apresentar um tamanho ótimo de produção. É muito provável que o tamanho ótimo para a produção de feijão seja bem inferior ao encontrado para soja, uma vez que é uma cultura mais associada à atividade familiar e que apenas recentemente tem se expandido para áreas maiores, com cultivo mais intensivo, embora, provavelmente, não tenha ainda o aparato técnico que tem a cultura da soja.

Conforme citado anteriormente, este fato não tinha como ser captado no modelo, mas é um indicativo de que os valores encontrados para as elasticidades com relação à área cultivada possam estar corretos. Se assim for e se estas elasticidades estão de fato relacionadas às possibilidades de ganhos de tamanho/escala, arroz, feijão e milho seriam as culturas cuja produção estariam sendo praticadas em propriedades que, em média, estariam mais próximas do tamanho ótimo, em relação às culturas de algodão, soja e trigo. As elasticidades da oferta com relação à área cultivada para as três primeiras são, respectivamente 3,717; 4,239; e 4,159, enquanto para as últimas são 7,652; 5,639; e 8,663 (Tabela 10).

---

<sup>18</sup> Se esta análise está correta, pode justificar em parte o fato de que muitos produtores do Sul do País, região que tradicionalmente possui propriedades menores, tenham se mudado para o Centro-Oeste, no momento em que perceberam que poderiam exercer ganhos de tamanho/escala, que em sua região de origem não seria possível obter.

O impacto da área cultivada na demanda de insumos não foi significativo para a demanda de fertilizantes e de defensivos. Esse resultado é consistente com o aumento da produtividade por área, que é obtido com a intensificação de insumos modernos, notadamente, fertilizantes e defensivos. O aumento do consumo de fertilizantes e defensivos, principalmente no início da década de 1990, ocorreu a despeito do aumento da área cultivada, ou até mesmo quando houve redução desta até 2003.

A demanda elástica para o insumo mão-de-obra em relação à área cultivada (6,493) pode ser devida ao fato de que, em propriedades menores, de onde se origina a maior parte da produção, haver ainda maior utilização de mão-de-obra, principalmente nas propriedades familiares. O processo de mecanização foi mais intenso a partir da década de 1990, mas o aumento da área cultivada tem se dado com tecnologias poupadoras de mão-de-obra, o que contraria este resultado.

#### **4.3. As elasticidades-preço da oferta**

Os resultados das elasticidades relativas ao modelo que considera o Crédito Rural como *proxy* do dispêndio total serão apresentados ao longo do texto, conforme a necessidade de se reportar a elas. Portanto, as tabelas apresentadas a seguir são extraídas da Tabela 10.

Algodão apresentou elasticidade-preço da oferta não-significativa estatisticamente. O aparecimento em meados da década de 1980 do bicudo do algodoeiro, praga que causa grandes prejuízos à cotonicultura, iniciou a crise do setor, que foi reforçada pela abertura comercial em 1990. A indústria têxtil passou a contar com matérias-primas importadas que competiam com o algodão nacional. A produção desta cultura decresceu a partir de meados da década de 1980, voltando a se recuperar em 1997, quando passou a ser cultivada no Centro-Oeste em larga escala e com maior tecnologia. A partir de então, a produção tornou a crescer em ritmo acelerado, voltando a atingir os mesmos níveis do início da crise.

Feijão e milho apresentam relações de complementaridade com algodão (Tabela 12). A elasticidade da oferta de algodão relativa ao feijão é de 0,710 e, com relação ao milho, de 0,698. Este resultado pode ser devido ao fato de o algodão ter sido uma cultura tipicamente familiar em algumas regiões e, com isso, estar relacionada à produção dessas culturas.



Mão-de-obra foi o único insumo cujo preço apresentou coeficiente estatisticamente significativo, de -1,955. Aumento no preço desse insumo leva à redução na oferta de algodão, o que faz sentido numa cultura intensiva em mão-de-obra, pelo menos até a década de 1990, quando se iniciou a expansão da produção no Centro-Oeste, com maior adoção de tecnologia. De acordo com Freire e Beltrão (2008), até a década de 1980 o cultivo de algodão era feito em sistemas de baixa tecnologia; até mesmo nas regiões Sul e Sudeste, que apresentavam maior nível tecnológico, ainda se utilizava cultivo manual. Na safra 1995/96, a produção do Centro-Oeste correspondia a 30% da produção total do País, chegando a 60% na safra 2003/2004. O Nordeste chegou a participar com cerca de 40% da produção nacional no início dos anos de 1980 e foi a região que mais sofreu com a crise iniciada em meados dessa década. Somente na safra 2003/2004, o Nordeste voltou a atingir o mesmo patamar de produção que no início do período. A região Sul teve sua produção reduzida a partir de 1996, cuja participação caiu de 30% para cerca de 10% em 2004/2005 (CONAB, 2008). O preço de fertilizantes e defensivos apresentaram também o sinal esperado, mas os coeficientes não foram estatisticamente significativos.

Tabela 12 – Elasticidades da oferta com relação ao preço dos produtos e dos insumos

	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertiliz.	M. Obra	Def.
Alg.	0,551 <sup>ns</sup> (0,342)	-0,055 <sup>ns</sup> (0,283)	0,710 <sup>***</sup> (0,226)	0,698 <sup>*</sup> (0,393)	0,073 <sup>ns</sup> (0,352)	0,185 <sup>ns</sup> (0,282)	-0,201 <sup>ns</sup> (0,234)	-1,955 <sup>***</sup> (0,343)	-0,006 <sup>ns</sup> (0,179)
Arroz	-0,015 <sup>ns</sup> (0,076)	0,321 <sup>**</sup> (0,122)	0,102 <sup>ns</sup> (0,076)	0,142 <sup>ns</sup> (0,125)	0,239 <sup>**</sup> (0,117)	0,045 <sup>ns</sup> (0,085)	-0,159 <sup>**</sup> (0,074)	-0,579 <sup>***</sup> (0,099)	-0,097 <sup>*</sup> (0,057)
Feijão	0,246 <sup>***</sup> (0,078)	0,131 <sup>ns</sup> (0,098)	0,496 <sup>***</sup> (0,126)	0,162 <sup>ns</sup> (0,124)	0,097 <sup>ns</sup> (0,138)	-0,013 <sup>ns</sup> (0,103)	-0,107 <sup>ns</sup> (0,076)	-0,801 <sup>***</sup> (0,131)	-0,212 <sup>***</sup> (0,062)
Milho	0,113 <sup>*</sup> (0,064)	0,085 <sup>ns</sup> (0,075)	0,076 <sup>ns</sup> (0,058)	0,452 <sup>***</sup> (0,136)	0,008 <sup>ns</sup> (0,082)	0,108 <sup>*</sup> (0,063)	-0,098 <sup>*</sup> (0,058)	-0,555 <sup>***</sup> (0,074)	-0,188 <sup>***</sup> (0,041)
Soja	0,009 <sup>ns</sup> (0,041)	0,104 <sup>**</sup> (0,051)	0,033 <sup>ns</sup> (0,047)	0,006 <sup>ns</sup> (0,060)	0,573 <sup>***</sup> (0,103)	-0,135 <sup>**</sup> (0,063)	-0,036 <sup>ns</sup> (0,033)	-0,396 <sup>***</sup> (0,059)	-0,158 <sup>***</sup> (0,036)
Trigo	0,162 <sup>ns</sup> (0,247)	0,145 <sup>ns</sup> (0,278)	-0,034 <sup>ns</sup> (0,261)	0,585 <sup>*</sup> (0,339)	-1,009 <sup>**</sup> (0,472)	1,308 <sup>**</sup> (0,495)	-0,309 <sup>*</sup> (0,181)	-0,471 <sup>ns</sup> (0,341)	-0,378 <sup>*</sup> (0,226)

Fonte: Resultados da pesquisa.

A oferta de arroz apresenta elasticidade-preço direta de 0,321, significativa a 5%. A produção de arroz no período analisado apresentou ligeira tendência de aumento, se comparada a produção final à inicial. No entanto, a produção apresentou

comportamento bastante instável, notadamente no final da década de 1980, período de implantação do Plano Real, e início dos anos 2000 (CONAB, 2008). As variações ocorridas no final da década de 1980 deveram-se às mudanças nas políticas direcionadas ao setor como um todo, como a política de crédito rural e de preços mínimos, atingindo praticamente todas as culturas analisadas. No início do Plano Real, os baixos preços levaram à redução da produção e dos estoques, causando a elevação dos preços em 1998, que estimulou novamente a produção. A entrada da produção oriunda do Mercosul voltou a reduzir os preços, desestimulando a produção no início dos anos 2000. A região Sul é a principal produtora de arroz do País, com 70%; já a produção do Centro-Oeste caiu de 30% na década de 1970 para 10% nos últimos anos, cedendo lugar à produção de outras culturas.

Os preços dos insumos fertilizantes, mão-de-obra e defensivos apresentaram impacto negativo e estatisticamente significativo, indicando que a oferta do arroz é sensível à variação nos preços destes insumos. Aumento de 1% no preço da mão-de-obra, que apresenta o maior coeficiente de elasticidade entre os insumos, leva a uma redução de 0,579% na oferta do arroz. Até a década de 1980, Centro-Oeste, Nordeste e Sul respondiam por cerca de 80% da produção nacional de arroz, ressaltando-se que o Centro-Oeste produzia em torno de 40%. Nos últimos anos, a participação da produção desta região caiu para cerca de 20%, certamente cedendo espaço para a expansão da cultura da soja e milho. O Nordeste, que também teve sua produção reduzida, participa com cerca de 20%, enquanto a Região Sul passa a participar com aproximadamente 35%. As principais regiões produtoras atualmente são caracterizadas por propriedades menores e agricultura familiar, o que justifica a importância da mão-de-obra no sistema produtivo. O impacto do preço de fertilizantes é de -0,159, compatível com o fato de o arroz ser uma gramínea exigente em fertilidade do solo, enquanto o preço de defensivos, apesar de significativo, apresenta baixo impacto, com coeficiente de elasticidade de 0,097.

A cultura do feijão apresentou elasticidade-preço direta de 0,496 e de 0,246 com relação ao preço do algodão, ambas estatisticamente significativas. Os resultados indicam uma oferta inelástica e relação de complementaridade com relação à cultura do algodão, que pode ser devida aos motivos mencionados anteriormente. A área cultivada no Nordeste corresponde a cerca de 50% da área total cultivada ao longo do período analisado. No entanto, a produção dessa região corresponde a cerca de 30% do total. Sul e Sudeste participam com cerca de 30% e 25%, respectivamente, cultivando a área

correspondente a 15 e 20% do total. Estas regiões reduziram a participação na produção total do período analisado (CONAB, 2008).

A elevada produção desta cultura no Nordeste, região de produção tipicamente familiar, explica o alto coeficiente de elasticidade com relação ao preço da mão-de-obra, de -0,801. Defensivos apresentam um coeficiente de elasticidade significativo a 1%, de -0,212, que pode ser justificado pelo fato de o feijão ser suscetível a um grande número de doenças que podem causar prejuízos econômicos. No entanto, em se tratando de uma leguminosa, é menos dependente de adubos nitrogenados, além do fato de ser ainda largamente cultivado em sistemas com baixo nível tecnológico. Além disso, em função de seu ciclo curto, é bastante utilizada em consorciamento com outras culturas, como o milho, aproveitando a adubação utilizada para estas, justificando o fato de o preço de fertilizantes não impactar significativamente a oferta da referida cultura.

A cultura do milho também apresenta oferta inelástica, com coeficiente 0,452, estatisticamente significativa a 1%. Além disso, apresenta relações de complementaridade com algodão e trigo, com coeficientes de 0,113 e 0,108, respectivamente, ambos estatisticamente significativos a 10%. No caso do algodão, esse resultado reforça a relação de complementaridade entre estas duas culturas, uma vez que podem ser cultivadas em rotação. No caso do trigo, é possível cultivar estas culturas em sequência, apesar de ser mais comum a rotação com soja (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2005).

No caso dos insumos, a oferta do milho apresentou coeficiente de elasticidade de -0,098, -0,555 e -0,188 para fertilizantes, mão-de-obra e defensivos, respectivamente. Estes resultados são estatisticamente significativos a 10% para fertilizantes e a 1% para mão-de-obra e defensivos. A distribuição da produção explica a importância da mão-de-obra na oferta do produto. Apesar de o milho apresentar sistemas de cultivos altamente tecnificados, é uma cultura ainda muito cultivada em pequena escala e também em propriedades familiares, onde é mais intensiva a mão-de-obra. Quanto a defensivos, os herbicidas são amplamente utilizados em cultivos realizados em maior escala. Em cultivos mais tecnificados são utilizadas variedades produtivas e com grandes respostas à adubação, fazendo com que o uso de fertilizantes seja bastante comum neste caso.

A soja apresenta oferta inelástica com coeficiente de 0,573, significativo a 1%. Também se apresenta sensível à variação no preço de arroz (0,104) e trigo (-0,135). A rotação arroz-soja é possível, mas é um processo que ainda está se desenvolvendo, não sendo tão estabelecido a ponto de se justificar o resultado encontrado. O impacto

negativo do preço do trigo na oferta da soja, indicando que aumentos do preço do trigo, por exemplo, reduziriam essa oferta, a princípio, não é esperado, uma vez que é comum utilizar-se da prática de rotação de culturas entre elas, plantando-se soja no verão e trigo no inverno (EMBRAPA, 2005, 2006, 2007a e 2007b).

O sistema de rotação, quando implantado, visa um efeito complementar da cultura utilizada em rotação com a cultura principal, seja por reduzir a infestação de doenças, seja por aproveitar a adubação da cultura principal, dentre outros benefícios. Assim, tendo-se a soja como cultura principal, o trigo é uma das opções para ser utilizado em rotação, ao passo que, sendo o trigo a cultura principal da propriedade, a soja é uma das culturas indicadas na rotação. Uma situação que pode ter acontecido com a redução do apoio do governo à produção do trigo e à consequente redução dos preços é que, parte dos produtores que tinham o trigo como cultura principal, podem ter adotado a soja como tal. Isso não impediria que a rotação continuasse sendo feita, mas pode ter havido uma mudança com relação à cultura principal.

O preço de fertilizantes não foi estatisticamente significativo na oferta da soja. Esta cultura, por ser uma leguminosa, demanda menos fertilizantes nitrogenados, mas ainda assim utiliza grandes quantidades deste insumo. A produção de soja é tradicionalmente cultivada na região Sul e correspondia a mais de 80% da produção nacional. Com o aumento do cultivo da soja no Centro-Oeste, atualmente, 50% da soja é produzida nesta região, contra 30% na região Sul (CONAB, 2008). A expansão da produção da soja nos últimos anos, na região dos cerrados, foi feita com base em elevada utilização de fertilizantes. Dado o grande crescimento da produção, as variações do preço de fertilizantes podem não ter afetado significativamente a produção desta cultura. Os insumos mão-de-obra e defensivos apresentaram coeficientes de -0,396 e -0,158 na oferta da soja, respectivamente, significativos a 1%. O cultivo da soja é normalmente intensivo em capital, e não se espera grande influência do preço da mão-de-obra na oferta dessa cultura. Por outro lado, na região Sul, os cultivos são realizados em propriedades menores, com maior participação da produção familiar na produção. No caso de defensivos, é uma cultura susceptível a várias doenças que trazem prejuízos econômicos, além de os herbicidas serem amplamente utilizados nos cultivos mais tecnificados.

O trigo foi a única cultura que apresentou oferta elástica, de 1,308, estatisticamente significativo a 5%, quando se esperava que fosse inelástica, assim como os outros grãos. A justificativa pode ser devida às variações de preço e da

produção ao longo do período analisado, decorrentes da forte intervenção do governo na formação dos preços, até a década de 1990, e da retirada abrupta desse apoio a partir de então. A oferta de trigo também se mostrou sensível à variações no preço do milho e de soja, com coeficientes de 0,585 e -1,009, significativos a 10 e 5%, respectivamente. Estas relações já foram discutidas anteriormente e reforçam os resultados encontrados para as ofertas de milho e soja.

Com relação aos insumos, o preço da mão-de-obra, ao contrário de todas as outras culturas, não apresentou impacto significativo na oferta de trigo. Os coeficientes de elasticidade relativos ao preço de fertilizantes, -0,309, e defensivos, -0,378, ambos significativos a 10%, indicam que a oferta do trigo é sensível à variações no preço desses insumos, pelo fato de ser uma cultura exigente em fertilidade e suscetível a doenças que causam prejuízos econômicos.

#### **4.4. As elasticidades-preço da demanda de insumos**

As elasticidades calculadas para a demanda de insumos são apresentadas na Tabela 13. Os preços dos produtos impactam positivamente a demanda de insumos, com exceção para o preço da soja na demanda de fertilizantes, do trigo na demanda de mão-de-obra e do algodão na demanda de defensivos. O coeficiente de elasticidade-preço da soja na demanda de fertilizantes é de -0,376, estatisticamente significativo a 1%. O impacto do preço do algodão na demanda de defensivos é de -0,109, também estatisticamente significativo a 1%. Além desses dois resultados, que apresentaram um sinal contrário dos demais, o preço do trigo não apresenta impacto significativo na demanda de mão-de-obra. Todos os outros resultados mostram que os preços dos produtos apresentam correlação positiva na demanda de fatores de produção. Porém, deve-se lembrar que os dados de demanda utilizados nesta pesquisa são agregados para todo o setor agrícola, tomando-se a proporção demandada por essas culturas na demanda total. A correlação positiva dos preços dos produtos e demanda dos fatores de produção não deve ser analisada num sentido de causalidade. Fazer essa análise seria assumir que uma cultura apenas fosse capaz de afetar a demanda de insumos. Apesar de isso ser possível, os preços das diversas culturas podem apresentar variações opostas em determinado período. Por exemplo, o efeito da elevação do preço do milho na demanda de fertilizantes pode ser compensado em parte pelo efeito de uma redução do preço da soja.

Tabela 13 – Elasticidades calculadas para as demandas de insumos com relação ao preço dos produtos e dos insumos

	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fertiliz.	M. Obra	Def.
Fert.	0,230 <sup>***</sup> (0,028)	0,796 <sup>***</sup> (0,031)	0,329 <sup>***</sup> (0,030)	0,484 <sup>***</sup> (0,033)	-0,376 <sup>***</sup> (0,054)	0,405 <sup>***</sup> (0,048)	-2,247 <sup>***</sup> (0,589)	-0,084 <sup>ns</sup> (0,495)	-0,255 <sup>ns</sup> (0,258)
M.O.	0,555 <sup>***</sup> (0,034)	0,512 <sup>***</sup> (0,037)	0,583 <sup>***</sup> (0,037)	0,619 <sup>***</sup> (0,043)	0,279 <sup>***</sup> (0,059)	-0,004 <sup>ns</sup> (0,052)	-0,043 <sup>ns</sup> (0,103)	-2,965 <sup>***</sup> (0,309)	-0,183 <sup>**</sup> (0,083)
Def.	-0,109 <sup>***</sup> (0,028)	0,067 <sup>**</sup> (0,031)	0,271 <sup>***</sup> (0,031)	0,342 <sup>***</sup> (0,034)	0,143 <sup>**</sup> (0,055)	0,135 <sup>**</sup> (0,049)	-0,076 <sup>ns</sup> (0,124)	-0,106 <sup>ns</sup> (0,195)	-1,389 <sup>***</sup> (0,141)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os insumos apresentam demanda elástica. A elasticidade-preço da demanda de fertilizantes é de -2,247, significativa a 1%. Nicoletta et al. (2005) constataram que a demanda de fertilizantes é preço-inelástica. A maioria dos trabalhos citados por estes autores, que também estimaram a demanda de fertilizantes no Brasil e no exterior, encontrou demandas de fertilizantes preço-inelásticas. Weaver (1983), analisando o setor agrícola dos Estados Unidos, utilizando um modelo *Translog* multi-produto/multi-insumo, encontrou elasticidade-preço da demanda de fertilizantes de -1,377.

Apesar de a maioria dos trabalhos ter estimado demandas inelásticas de fertilizantes, o resultado encontrado nesta pesquisa é mais consistente com o produto de um setor oligopolizado. No entanto, como se trata de um insumo para a produção, aumentos no preço de fertilizantes, que levariam a redução da quantidade consumida deste insumo, podem ser compensados por aumentos no preço do produto. Com isso, estimativas de elasticidade de demanda por insumos podem ter sua elasticidade mascarada por variações no preço do produto, fazendo com que estas possam estar subestimadas.

A demanda de defensivos, da mesma forma, apresentou-se elástica. A magnitude do impacto do preço desse insumo é de -1,389. Este insumo também tem origem em um setor oligopolizado e cada vez mais tem se tornado um insumo importante aos cultivos mais tecnificados.

A demanda por mão-de-obra também é elástica, com um coeficiente de -2,965, estatisticamente significativo a 1%. Weaver (1983) estimou um coeficiente para demanda de mão-de-obra de -1,016. Por se tratar de um longo período, este resultado

pode estar relacionado ao processo de mecanização, em que grande parte da mão-de-obra foi substituída pela intensificação do uso de máquinas nos cultivos. No entanto, à medida que a produção se torna mais intensiva em capital, é de se esperar uma demanda inelástica de mão-de-obra. Além disso, como se espera uma relação de substituição mão-de-obra/máquinas, o fato de esta última não estar representada no modelo pode ter contribuído para o resultado encontrado.

Com relação às elasticidades cruzadas, defensivos foi o único que apresentou coeficiente de elasticidade estatisticamente significativo, a 5%, indicando uma relação de complementaridade mão-de-obra e defensivos, o que é condizente com a semelhança no impacto desses dois insumos na oferta dos produtos.

#### **4.5. Testes de separabilidade**

Os testes de separabilidade foram realizados para complementar as análises realizadas com base nos coeficientes estimados. O conceito de separabilidade está relacionado à possibilidade de agregação de duas variáveis. Duas variáveis são potencialmente agregáveis quando a razão entre elas não é afetada por uma terceira variável. Normalmente, a agregação de variáveis se torna necessária em função da indisponibilidade de dados, limitação com relação aos número de graus de liberdade e semelhança entre variáveis, entre outros fatores. No caso desta pesquisa, por exemplo, a variável fertilizantes é composta por adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos, sendo o preço definido por um índice. Ao fazer isso, assume-se que estes três fertilizantes representam a demanda por todos os fertilizantes e que variações no preço de um deles ou no preço de uma cultura qualquer não vai afetar a razão nas suas quantidades demandadas. A primeira situação, quando se tem que a razão nas demandas não é afetada pelo preço de um dos fertilizantes, é chamada Separabilidade Fraca, já, se a análise é feita em relação ao preço de uma cultura, por exemplo, é chamada Separabilidade Forte.

Ao se definirem as variáveis desta pesquisa, algumas delas foram agregadas (ou tomadas variáveis agregadas), como fertilizantes e defensivos. Neste caso, tem-se a demanda agregada e um índice de preços. Para a variável mão-de-obra, toma-se a mão-de-obra empregada no meio rural como um todo, sem distinguir a qualificada da não-qualificada. No caso de fertilizantes, a separabilidade não foi testada; para defensivos e mão-de-obra não se tinham as variáveis desagregadas, não havendo outra alternativa a

não ser utilizá-las de forma agregada. Os testes de separabilidade realizados consistem em testar se as culturas (ou algumas delas) poderiam ser agregadas; da mesma forma se procede com relação aos insumos. Os testes são realizados para ilustrar um conceito que normalmente é aplicado nas pesquisas, em que muitas variáveis são utilizadas de forma agregada, devido à limitação de dados, e que normalmente não são possíveis de serem testadas.

Apesar de o conceito de separabilidade estar mais relacionado com a questão de agregação, os testes realizados com relação à variável dispêndio total complementam as análises apresentadas. Os resultados do teste de separabilidade para grupos de produtos, tomados dois a dois, em relação ao preço dos próprios produtos são apresentados na Tabela 14. Os valores apresentados nas tabelas a seguir são os resultados da estatística “*t*” para os respectivos testes, sendo todos realizados a partir dos resultados do modelo M2, que toma o crédito total como *proxy* do dispêndio total. Tomando-se a primeira linha da Tabela 14, tem-se o resultado dos testes entre algodão e arroz com relação aos preços de feijão, milho, soja e trigo. Em cada linha têm-se os resultados dos testes para diferentes combinações de produtos.

Analisando os resultados da Tabela 14 de uma forma geral, percebe-se que as combinações que não são separáveis estão, na maioria das vezes, relacionadas com as elasticidades-preço cruzadas, quando estas se apresentaram significativas. Por exemplo, algodão não seria separável de milho em relação ao preço do feijão (-2,270); de soja, em relação ao preço do feijão (-2,846); e de trigo, em relação ao preço da soja. Algodão apresentou elasticidade cruzada estatisticamente significativa em relação ao preço de feijão e milho. As elasticidades em relação ao preço da soja e trigo não foram estatisticamente significativas, mas soja e trigo apresentaram elasticidades cruzadas significativas. Arroz não foi separável de feijão, em relação ao preço do algodão; de soja, em relação ao preço do trigo; e de trigo, em relação ao preço da soja. Feijão apresentou elasticidade cruzada estatisticamente significativa com relação ao preço do algodão. Feijão não é separável de soja em relação ao preço de algodão, em relação ao preço da soja. Milho não é separável de soja em relação ao preço do trigo e de trigo em relação ao preço da soja. Além da elasticidade cruzada de soja e trigo, milho também apresentou elasticidade cruzada em relação ao preço do trigo, significativa estatisticamente. Soja e trigo, por outro lado, mostraram-se separáveis em relação ao preço dos outros produtos. Este resultado indica que a oferta desses produtos não seria influenciada pelos preços dos outros produtos.



Tabela 14 – Estatística “t” para os testes de separabilidade entre produtos com relação aos preços do próprio produto

	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo
Algodão, Arroz	-	-	-1,307	-1,281	0,489	-0.339
Algodão, Feijão	-	0,513	-	-1,291	0,068	-0.628
Algodão, Milho	-	0,405	-2,270	-	-0,173	0.178
Algodão, Soja	-	0,491	-2,846	-1,782	-	-1.165
Algodão, Trigo	-	0,272	-1,176	0,162	-3,339	-
Arroz, Feijão	-3,185	-	-	0,111	-0,896	-0.572
Arroz, Milho	-0,978	-	-0,276	-	-1,690	-0.545
Arroz, Soja	0,222	-	-0,793	-0,999	-	-1.987
Arroz, Trigo	-0,698	-	-0,938	-0,576	-8,418	-
Feijão, Milho	0,446	-0,385	-	-	-0,563	-0.496
Feijão, Soja	-1,950	-0,242	-	-1,160	-	-1.056
Feijão, Trigo	0,180	0,047	-	-0,557	-4,845	-
Milho, Soja	-1,547	0,194	-0,610	-	-	-3.809
Milho, Trigo	-0,361	0,141	-0,656	-	-4,754	-
Soja, Trigo	-0,922	0,106	-0,319	-0,527	-	-

Fonte: Resultados da pesquisa.

“ $t_\alpha$ ” para 5% de probabilidade: 1.96. Para valores de “ $t_{calc}$ ” maiores que “ $t_\alpha$ ” rejeita-se a hipótese nula de que o grupo de produtos (insumos) são separáveis.

Os resultados dos testes de separabilidade dos produtos em relação ao preço dos insumos são apresentados na Tabela 15. Os resultados mostram que o preço dos fertilizantes têm pouca influência na relação entre a quantidade produzida, como era de se esperar. Por se tratar de uma demanda derivada, o preço do produto é o maior determinante na oferta, de modo que as variações no preço dos insumos tenham pouca influência na relação das quantidades produzidas. Apenas arroz se mostrou não-separável de feijão e de trigo, com relação ao preço de mão-de-obra e defensivos, respectivamente (“t” calculado de -1,932 e -2,140). Feijão não seria separável de trigo com relação ao preço de fertilizantes e defensivos (-2,761 e -2,717). Milho e trigo e soja e trigo também não seriam separáveis em relação ao preço de fertilizantes e defensivos. Os testes de separabilidade mostram uma influência do preço de insumos na oferta menor que a indicada pelas elasticidades calculadas. Entretanto, o teste de separabilidade indica apenas mudança na razão entre as quantidades produzidas, de

modo que uma mudança no preço da mão-de-obra, por exemplo, pode levar à redução da oferta de ambas as culturas, não alterando a razão das quantidades produzidas.

Tabela 15 – Estatística “*t*” para os testes de separabilidade entre produtos com relação aos preços dos insumos

	Fertilizantes	Mão-de-obra	Defensivos
Algodão, Arroz	0,186	1,456	0,549
Algodão, Feijão	0,186	1,985	-0,356
Algodão, Milho	0,165	1,420	0,038
Algodão, Soja	-0,758	-0,613	0,475
Algodão, Trigo	-0,431	0,113	-1,103
Arroz, Feijão	0,194	-1,932	-0,418
Arroz, Milho	0,162	0,168	0,038
Arroz, Soja	-1,521	-0,775	0,442
Arroz, Trigo	-1,455	0,084	-2,140
Feijão, Milho	0,065	0,980	-0,042
Feijão, Soja	-0,947	-0,681	-0,942
Feijão, Trigo	-2,761	0,103	-2,717
Milho, Soja	-1,116	-0,736	-0,732
Milho, Trigo	-3,593	0,078	-4,613
Soja, Trigo	-5,962	-0,249	-5,956

Fonte: Resultados da pesquisa. “ $t_{\alpha}$ ” para 5% de probabilidade: 1,96.

A Tabela 16 mostra os testes de separabilidade entre insumos, com relação ao preço dos produtos e de insumos. A única agregação não possível, de acordo com os testes, seria de trabalho e defensivos, em relação ao preço do arroz (-2,374). No entanto, como se trata da demanda agregada de insumos, não é de se esperar que uma mudança no preço do arroz vá alterar significativamente a relação trabalho/defensivos, no agregado. Isso poderia acontecer com relação às quantidades demandadas para a cultura do arroz, especificamente, mas não no agregado. Ou seja, apesar de o preço dos produtos ter se mostrado positivamente correlacionado com a demanda de insumos, não se espera que o preço de um produto individualmente vá afetar a demanda agregada de insumos, muito menos a razão entre as quantidades utilizadas. Se esses resultados se

repetissem para as demandas quando se considera cada cultura individualmente, ou seja, se as demandas de fertilizantes, trabalho e defensivos na cultura do algodão não sofressem alterações na razão de suas quantidades a partir de variações no preço deste produto, poderiam ser um indicativo de que a tecnologia na produção de algodão fosse homotética. Todavia, dado que se trata da demanda agregada, não se podem tirar conclusões a esse respeito.

Tabela 16 – Estatística “ $t$ ” para os testes de separabilidade entre insumos com relação aos preços dos produtos e insumos

	Algodão	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fert.	M.O.	Def.
Fert/Lab	-0,785	0,461	-0,678	-0,199	0,490	0,113			
Fert/Def	-0,849	-1,562	0,120	-0,043	0,584	0,531			
Lab/Def	-1,175	-2,374	0,309	-0,040	-0,590	-1,189			
Fert/Lab							-	-	-0,207
Fert/Def							-	0,041	-
Lab/Def							0,170	-	-

Fonte: Resultados da pesquisa. “ $t_{\alpha}$ ” para 5% de probabilidade: 1,96.

As demandas de insumos se mostraram separáveis também com relação ao preço dos insumos, indicando que a alteração no preço de um dos insumos não modifica a razão da quantidade demandada dos outros dois. Este resultado reforça os resultados encontrados para as elasticidades cruzadas, na demanda de insumos, em que apenas a elasticidade-preço de defensivos se mostrou estatisticamente significativa na demanda de trabalho.

Por fim, na Tabela 17 são apresentados os resultados dos testes de separabilidade das culturas e insumos com relação ao dispêndio total. Este teste indica se uma variação no dispêndio total altera a razão entre a oferta dos produtos ou entre a demanda de insumos. A apresentação da Tabela 17 é um pouco diferente das demais. O valor de -1,380 indica que o algodão é separável do arroz em relação ao dispêndio total, ou, em outras palavras, uma variação no dispêndio não altera a razão entre estes produtos. O mesmo ocorre com algodão-feijão, algodão-milho e algodão-soja. Além destas combinações, apenas arroz-feijão e fertilizantes-mão-de-obra se mostram

separáveis. Todas as outras combinações não seriam separáveis em relação ao dispêndio total.

Tabela 17 – Estatística “t” para os testes de separabilidade entre produtos e entre insumos com relação ao dispêndio total

	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	M.O.	Def.
Algodão	-1,380	-0,405	0,768	0,280	-2,659		
Arroz	-	0,313	-3,299	-6,078	-9,841		
Feijão	-	-	-1,916	-3,497	-9,612		
Milho	-	-	-	-2,717	-8,602		
Soja	-	-	-	-	-4,041		
Fertilizantes						0,889	-1,975
M.O.						-	-9,239

Fonte: Resultados da pesquisa. “t<sub>α</sub>” para 5% de probabilidade: 1,96.

Esses resultados são condizentes com os encontrados com relação ao dispêndio total, indicando que algumas culturas apresentam uma elasticidade significativa para o dispêndio, o que significa que os produtores destas culturas encontram restrições de recursos para aquisição de insumos. Além disso, corroboram a hipótese apresentada no referencial teórico, de que, na presença de restrição orçamentária no setor agrícola, a razão entre produtos poderia ser alterada devido a variações nos preços dos produtos e no próprio dispêndio.

Os resultados do teste de separabilidade apresentados são equivalentes a testar se:

$$\frac{\partial \left( \frac{y_i}{y_s} \right)}{\partial c} = 0 \therefore$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial c} y_s - y_i \frac{\partial y_s}{\partial c} = 0 \therefore$$

$$\frac{y_i}{y_s} = \frac{\partial y_i / \partial c}{\partial y_s / \partial c}$$

ou seja, se estas as culturas fossem separáveis em relação ao dispêndio, a razão entre as variações ocorridas entre  $y_i$  e  $y_s$  seria igual à razão entre a quantidade destas. Se diferente, indicam que as variações não são proporcionais à quantidade produzida entre elas. Ou seja, ao haver variações no dispêndio total, ocorreriam ajustes diferentes para cada cultura, sendo a mudança favorável àquela com maior rentabilidade, ou melhor relação receita média/custo marginal, conforme discutido na seção anterior. Os resultados são consistentes com a evolução da produção dessas culturas ao longo do período analisado, em que a produção de cada uma delas evoluiu de forma diferente, sendo soja e milho as que mais tiveram sua produção aumentada nesses anos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A principal conclusão desta pesquisa é que o dispêndio total apresenta impacto positivo na oferta dos produtos e demanda de insumos analisados, exceto para algodão, trigo e defensivos. Este resultado indica que os produtores enfrentam restrições na aquisição de insumos. Sendo assim, o crédito rural se constitui em importante política para o setor, uma vez que disponibiliza recursos que permitem flexibilizar a restrição e aumentar a produção agrícola.

O crédito rural, no entanto, não financia toda a produção. Sua participação oficial no financiamento total da atividade agrícola pode variar de 20 a 40% do consumo intermediário da agropecuária, dependendo da atividade considerada. O financiamento privado, originado dos produtores e de empresas do agronegócio, assume papel importante na oferta agrícola. Com a evolução das relações do setor agropecuário, integrando-se cada vez mais aos diversos segmentos das respectivas cadeias, o financiamento por parte destas empresas representa importante papel no financiamento da produção.

A oferta dos produtos analisados é preço-inelástica, exceto para algodão, que não apresentou resposta estatisticamente significativa, e trigo, que apresenta resposta elástica a preço no período analisado. Algodão e trigo apresentaram produção instável durante o período analisado, que podem justificar os resultados. Os produtores de algodão sofreram prejuízos com o aparecimento do bicudo do algodoeiro, bem como com a abertura comercial na década de 1990. A produção do trigo foi influenciada pelas políticas governamentais que tentavam incentivar sua produção, especialmente as

políticas de preço, e pela criação do Mercado Comum do Sul (Mercosul). As elasticidades cruzadas estatisticamente significativas mostram relação de complementaridade para as culturas algodão-feijão, algodão-milho, arroz-soja, milho-trigo e relação de competição para as culturas soja-trigo. A relação de competição soja-trigo não era esperada, uma vez que estas culturas são cultivadas em rotação e em épocas diferentes, soja(verão)-trigo(inverno), no sul do País. Por outro lado, a instabilidade das políticas de incentivo à produção do trigo pode ter levado produtores de trigo a se dedicarem exclusivamente à produção de soja. A rotação milho-trigo é possível, apesar de menos comum, já que se trata de duas gramíneas.

Com relação aos insumos, o preço de mão-de-obra influencia negativamente a oferta de todas as culturas, com exceção de trigo. Dado o processo de mecanização da atividade agrícola, esse resultado não era esperado. Todavia, pode ser devido ao fato de o processo de mecanização da agricultura ter se intensificado somente a partir da década de 1990. Nesse aspecto, programas de crédito oficial como o MODERFROTA tiveram importante contribuição. O impacto do preço de fertilizantes não é significativo para algodão e feijão, que pode ser devido à baixa tecnologia adotada no seu cultivo na maior parte do período, quando a principal região produtora era o Nordeste. A baixa precipitação nessa região pode comprometer a resposta da produção à utilização de insumos modernos. Recentemente, no entanto, o cultivo mais intensivo em tecnologia tem ganho espaço, especialmente para a cultura do algodão, cuja principal região produtora é o Centro-Oeste.

A oferta da soja também não é influenciada pelos preços de fertilizantes. Acredita-se que tal resultado possa ser explicado pelo fato de a expansão da produção da soja ter sobrepujado possíveis variações de preço de fertilizantes que podem ter ocorrido ao longo do período. O preço de defensivos impacta negativamente a oferta de todas as culturas, com exceção do algodão. A adoção de variedades mais produtivas e menos resistentes a doenças, intensificação do uso do solo e introdução do plantio direto podem ser fatores que tenham contribuído para elevar o uso de defensivos nos sistemas produtivos, fazendo com que seu preço influencie negativamente a oferta dos produtos.

Os preços dos produtos apresentam impacto positivo na demanda de insumos. Entretanto, como se trata da demanda agregada dos insumos, não se espera que uma cultura apenas seja capaz de afetar a demanda de insumos como um todo. As elasticidades-preço cruzadas da demanda de insumos mostraram relação de complementaridade para mão-de-obra quanto a preço de defensivos. As demandas

elásticas de fertilizantes e defensivos é consistente com o produto de um setor oligopolizado. A demanda elástica de mão-de-obra pode ser devida ao processo de substituição de mão-de-obra no campo, em intensificação do uso de máquinas. Pode também ser devida à ausência de uma variável de capital, fazendo com que o coeficiente dessa variável esteja superestimado.

Os testes de separabilidade com relação à variável dispêndio total (crédito de custeio) mostram que a razão entre as quantidades produzidas de cada cultura são influenciadas por variações na disponibilidade de recursos para financiar a atividade. Isso corrobora a hipótese apresentada de que, na presença de restrição orçamentária no setor agrícola, a razão entre produtos poderia ser alterada em virtude das variações no dispêndio total.

A utilização de dados agregados em nível nacional constitui uma limitação desta pesquisa. A resposta da produção agrícola de determinada cultura a preços e ao crédito pode variar de uma região para outra. O volume de crédito disponibilizado para uma região e a facilidade de financiamento privado oriundo da agroindústria irão afetar o impacto do crédito. Da mesma forma, cada cultura apresenta sua resposta ao crédito, conforme mostram os resultados desta pesquisa. Para se aprofundar na avaliação da importância do crédito rural oficial, bem como do financiamento privado para o setor agrícola, é necessário que sejam realizados estudos regionalizados, levando-se em conta a integração de cada cultura à respectiva cadeia produtiva. Isso é válido também com relação a preços.

Como tema de novas pesquisas, sugere-se analisar a participação do financiamento privado e sua disponibilidade às diferentes categorias de produtores – pequenos, médios e grandes –, bem como em relação às taxas de juros praticadas. Poderia ser feita uma análise mais aprofundada da elasticidade de substituição entre crédito oficial e financiamento privado. Os possíveis determinantes da distribuição do crédito, como o tamanho da propriedade, capacidade de pagamento e nível tecnológico, são importantes questões a serem estudadas. Para isso, é necessário que sejam disponibilizados dados mais desagregados com relação à distribuição do crédito, sendo mantido o sigilo pessoal dos tomadores, mas que permitam identificar outras variáveis que possam influenciar a sua distribuição.

Apesar das limitações, acredita-se que esta pesquisa tenha contribuído para a discussão sobre a relevância do crédito rural para a oferta agrícola e para o processo de estimação de funções de oferta de produtos e demanda de insumos agrícolas. Com



relação à estimação, a incorporação do Modelo de Expectativas Quase Racionais se constitui uma alternativa para a incorporação das expectativas dos produtores no processo da tomada de decisão. Uma das grandes vantagens desta abordagem é permitir especificar o modelo adequado de acordo com o problema apresentado e com a teoria, incorporando as expectativas através das variáveis estimadas pela técnica de séries temporais. Este modelo permitiu obter estimativas das elasticidades-preço da oferta que incorporassem as expectativas dos produtores no momento da tomada de decisão de plantio. As elasticidades-preço da oferta das culturas analisadas, apesar de representar a média de um período marcado por mudanças estruturais importantes, constituem uma atualização destes valores, incorporando as variações de períodos recentes. A principal contribuição, no entanto, refere-se à confirmação da hipótese apresentada com relação à restrição de recursos no setor agrícola. E, sendo o financiamento importante para a atividade, o crédito rural contribui no sentido de flexibilizar esta restrição e aumentar a produção agropecuária.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E.R.A. Reflexões sobre a política agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 83-90, abr./jun. 1993.

ALVES, E.R.A. Discussão dos retornos à escala nos contextos das funções de produção e de custo. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 5, n. 2, 2007.

ARAÚJO, P.F.C. O crédito rural e sua distribuição no Brasil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 13, n. 2, 1983.

ARAÚJO, P.F.C.; ALMEIDA, A. Financiamento da agricultura no Brasil: da crise do crédito barato à perspectiva de um novo modelo. In: TEIXEIRA, E.C.; VIEIRA, W.C. (Eds.). **Reforma da política agrícola e abertura econômica**. Viçosa: UFV, 1996.

ARAÚJO, P.F.C.; MEYER, R.L. Política de crédito rural no Brasil: objetivos e resultados. In: VEIGA, A. **Ensaio sobre política agrícola brasileira**. São Paulo: SA, 1979. p. 137-162.

BACHA, C.J.C.; DANELON, L.; FILHO, E.D.B. Evolução da taxa de juros do crédito rural no Brasil – período de 1985 a 2003. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 12, n. 26, p. 43-69, maio 2006.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **Anuário estatístico do crédito rural**. Brasília, vários anos.

BERNDT, E.R.; CHRISTENSEN, L.R. The internal structure of functional relationships: separability, substitution, and aggregation. **Review of Economic Studies**, v. 40, n. 3, p. 403-410, 1973.

BINSWANGER, H.P. The policy response of agriculture. In: ANNUAL CONFERENCE ON DEVELOPMENT ECONOMICS, 1989, Washington. **Proceedings...** Washington, DC: The World Bank, 1989.

BOX, G.E.P.; JENKINS G.M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden Day, 1976.

BRANDÃO, A.S.P.; REZENDE, G.C.; MARQUES, R.W.C. **Crescimento agrícola no período de 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 2005. (Texto para Discussão, 1062).

BRASIL. Ministério da Fazenda. Disponível em: <[www.fazenda.gov.br](http://www.fazenda.gov.br)>. Acesso em: jul. 2005a.

BRASIL. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. **Crédito Rural do PRONAF**. Disponível em: <[http://www.pronaf.gov.br/plano\\_safra/2004\\_05/credito.htm](http://www.pronaf.gov.br/plano_safra/2004_05/credito.htm)>. Acesso em: 31 jul. 2005b.

CHAMBERS, R.G. **Applied production analysis: a dual approach**. New York: Cambridge University Press, 1988.

COELHO, C.N. 70 anos de política agrícola no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano 10, n. 3, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas: algodão, arroz, feijão, milho, soja e trigo**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: out. de 2008.

CONTE, L.; FERREIRA FILHO, J.B. Economia de escala na produção de soja no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44, 2006, Fortaleza. **CD-ROM...** Brasília: SOBER, 2006.

DAVID, C.C.; MEYER, R.L. Measuring the farm level impact of agricultural loans. In: PISHKE, J.D.; ADAMS, D.W.; GORDON, D. **Rural financial markets in developing countries**. Baltimore: The John Hopkins University, 1983.

DECANIO, S.J. Rational expectation and learning from experience. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 93, n. 1. p. 47-57, 1979.

DEL GROSSI, M.E.; SILVA, J.G. **As (re)negociações das dívidas agrícolas**. Disponível em: <[www.inagrodf.com.br/revista/index.php/SDR/article/viewPDFInterstitial/14/25](http://www.inagrodf.com.br/revista/index.php/SDR/article/viewPDFInterstitial/14/25)>. Acesso em: 10 jan. 2008.

DI SABBATO, A. **O público-alvo do crédito rural do PRONAF: estimativa a partir dos dados do Censo Agropecuário do IBGE de 1995-1996**. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/FAO – Projeto UTF/BRA/051/BRA. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/fao/>>. Acesso em: jul. 2005.

DI EWERT, W.E. Applications of duality theory. In: INTRILIGATOR, M.D.; KENDRICK, D.A. (Eds.). **Frontiers of quantitative analysis**. Amsterdam: North-Holland, 1974. p. 106-171.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo – CSBPT. Indicações técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 37, 2005, Cruz Alta, RS. **Anais...** Cruz Alta, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Clima Temperado. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2006/2007. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 34, 2006, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Tecnologias de produção da soja: região Central do Brasil**. Brasília, 2007a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Tecnologias de produção da soja: Paraná**. Brasília, 2007b.

ENGERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

FIGUEIREDO, A.M. **Impacto dos subsídios agrícolas dos Estados Unidos no crescimento do agronegócio brasileiro**. 2007. 305 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FREIRE, E.C.; BELTRÃO, N.E.M. Impulsionando a produção e a produtividade agrícola: o caso do algodão no Brasil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TROPICAL AGRICULTURE DEVELOPMENT. Disponível em: <[http://www.procitropicos.org.br/cd-iwtad/overview-paper\\_eleusio.pdf](http://www.procitropicos.org.br/cd-iwtad/overview-paper_eleusio.pdf)>. Acesso em: out. 2008.

GASQUES, J.G.; SPOLADOR, H.F.S. **Taxa de juros e políticas de apoio interno à agricultura**. Brasília: IPEA, 2003. (Texto para discussão, 952).

GASQUES, J.G.; VILLA VERDE, C.M. **Novas fontes de recursos, propostas e experiências de financiamento rural**. Brasília: IPEA, 1995. (Texto para discussão, 392).

GASQUES, J.G. et al. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**. Brasília: IPEA, 2004. (Texto para discussão, 1009).

GOLDIN, I.; REZENDE, G.C. **A agricultura brasileira na década dde 80: crescimento numa economia em crise**. Rio de Janeiro: IPEA, 1993. 119 p.

- GREENE, W. **Econometric analysis**. New Jersey: Pearson Education, 2003.
- GUEDES PINTO, L.C. Grupos de interesse e crédito rural no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, n. 19, ed. esp., p. 65-83, 1981.
- HELFAND, S.M. The distribution of subsidized agricultural credit in Brazil: do interest groups matter? **Development and Change**, Oxford, v. 32, p. 465-490, 2001.
- HOFFMANN, R.; KAGEYAMA, A. Crédito rural no Brasil: concentração regional e por cultura. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 25, n.1, p. 31-50, 1987.
- HOMEM DE MELO, F. O plano real e a agricultura brasileira: perspectivas. **Revista de Economia Política**, v. 19, n. 4, out./dez. 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário 1995-1996**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2008.
- JORGENSON, D.W. Econometric methods for modeling producer behavior. In: GRILICHES, Z.; INTRILLIGATOR, M.D. (Eds.). **Handbook of econometrics**. New Holland: Elsevier Science Publishers, 1986. v. 3.
- JUDGE, G.G.; HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; LUTKEPOL, H.; LEE, T.C. **Introduction to the theory and practice of econometrics**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- LEE, H.; CHAMBERS, R.G. Expenditure constraints and profit maximization in U.S. Agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 68, n. 4, p. 857-865, 1986.
- LOPES, M.R. O poder das coalisões políticas de grupos de interesse de bloquear o desenvolvimento agrícola. In: TEIXEIRA, E.C. (Ed.). **Desenvolvimento agrícola na década de 90 e no século XXI**. Viçosa: UFV, 1993.
- LOPEZ, R.E. Estimating substitution and expansion effects using a profit function framework. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 66, n.3, p. 358-367, 1984.
- McFADDEN, D. Duality of production, cost, and profit function. In: McFADDEN, D.; FUSS, M. **Production economics: a dual approach to theory and applications – the theory of production**. Amsterdam: North Holland, 1978.
- MUTH, J.F. Rational expectations and the theory of price movements. **Econometrica**, v. 29, n. 3, p. 315-335, 1961.

NERLOVE, M. Estimates of elasticities of supply of selected commodities. **Journal of Farm Economics**, v. 38, n. 2, p. 496-509, 1956.

NERLOVE, M. **The dynamics of supply**: the estimation of farmers' response to price. Baltimore: John Hopkins University Press, 1958.

NERLOVE, M.; BESSLER, D.A. Expectations, information and dynamics. In: GARDNER, B.; RAUSSER, G. (Eds.). **Handbook of agricultural economics**, v. 1, p. 156-206, 2001.

NERLOVE, M.; FORNARI, I. Quasi rational expectations, an alternative to fully rational expectations: an application to US beef cattle supply. **Journal of Econometrics**, n. 83, p. 129-161, 1988.

NERLOVE, M.; GHETHER, D.M.; CARVALHO, J.L. **Analysis of econometric time series**: a synthesis. San Diego, California: Academic Press, 1995.

NICOLELLA, A.C.; DRAGONE, D.S.; BACHA, C.J.C. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, jan./mar. 2005.

OLIVEIRA, J.J. **O impacto da crise fiscal brasileira dos anos 80 no crédito rural: mecanismos e instrumentos alternativos de financiamento agrícola**. 1995. 149 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Fundação Getúlio Vargas, Brasília, DF.

ORAZEM, P.; MIRANOWSKI, J. An indirect test for the specification of expectation regimes. **The Review of Economics and Statistics**, v. 68, n. 4, p. 603-609, 1986.

PESSOA, A.S.M. **Custos bancários de transação do crédito rural no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

REZENDE, G.C. **Crédito rural e formação de capital na agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 1980. (Texto para discussão, 15).

REZENDE, G.C. **A política agrícola e a redução do subsídio do crédito rural**. Rio de Janeiro: IPEA, 1985. (Texto para discussão interna, 72).

REZENDE, G.C. **Política de preços mínimos na década de 90**: dos velhos aos novos instrumentos. Brasília: IPEA, 2000. (Texto para discussão, 740).

REZENDE, G.C. Conjuntura macroeconômica e política agrícola no período 1992/97: dos velhos aos novos instrumentos. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, 2003a.

REZENDE, G.C. **Estado, macroeconomia e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: UFRGS/IPEA, 2003b. 246 p.

SAYAD, J. **Crédito rural no Brasil**. São Paulo: FIPE/Pioneira, 1984. 125 p.

SHIROTA, R. **Crédito rural no Brasil: subsídio, distribuição e fatores associados à oferta**. 1988. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1988.

SIMON, E.J. **A modernização da agricultura brasileira e o papel do crédito agrícola**. 1992. 166 p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

STIGLITZ, J.E., **Government, financial markets, and economic development**. 1991. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=247716>>. (NBER Working Paper, W3669).

VILLA VERDE, C.M. **O crédito rural e a capacidade de pagamento do setor agrícola**. Brasília: IPEA, 2000. (Texto para discussão, 696).

WEAVER, R.D. Multiple input, multiple output production choices and technology in the U.S. wheat region. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 65, n. 1, p. 45-56, 1983.

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE A

### TESTE DAS CONDIÇÕES DE SEPARABILIDADE

O modelo estimado é composto por um sistema de equações de produtos e insumos. Testar a condição de separabilidade:

$$\frac{\partial(y_i/y_s)}{\partial w_j} = 0 \quad (1A)$$

é equivalente a testar:

$$\frac{\partial(s_i/s_r)}{\partial \ln w_j} = 0 \quad (2A)$$

Esta expressão se torna:

$$\begin{aligned} \frac{\partial s_i}{\partial \ln w_j} s_r - s_i \frac{\partial s_r}{\partial \ln w_j} = 0 \therefore \gamma_{ij} s_r - \gamma_{rj} s_i = 0 \therefore \\ \frac{\gamma_{ij}}{\gamma_{rj}} = \frac{s_i}{s_r} \end{aligned} \quad (3A)$$

Mas (2A) também pode ser escrito como:

$$\frac{\partial(s_i/s_r)}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial(p_i y_i / p_r y_r)}{\partial \ln w_j} = 0 \quad (4A)$$

uma vez que  $\frac{p_i y_i / \pi}{p_r y_r / \pi} = \frac{p_i y_i}{p_r y_r}$ .

Tomando as derivadas em (4A):

$$\begin{aligned} \frac{\partial(s_i/s_r)}{\partial \ln w_j} &= \frac{\partial(p_i y_i / p_r y_r)}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial \ln w_j} (p_r y_r) - (p_i y_i) \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial \ln w_j} = 0 \\ \left[ \frac{\partial p_i}{\partial \ln w_j} y_i + p_i \frac{\partial y_i}{\partial \ln w_j} \right] (p_r y_r) - (p_i y_i) \left[ \frac{\partial p_r}{\partial \ln w_j} y_r + p_r \frac{\partial y_r}{\partial \ln w_j} \right] &= 0 \\ \left( \frac{\partial y_i}{\partial \ln w_j} \right) (p_i p_r y_r) - (p_i p_r y_i) \left( \frac{\partial y_r}{\partial \ln w_j} \right) &= 0 \end{aligned}$$

porque  $\frac{\partial p_s}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial p_i}{\partial \ln w_j} = 0$

$$\frac{\partial y_i}{\partial \ln w_j} / \frac{\partial y_r}{\partial \ln w_j} = \frac{y_i}{y_r}$$

Como  $\frac{\partial y_i}{\partial \ln w_j} = \frac{\partial y_i}{\partial w_j / w_j}$

$$\frac{\partial y_i}{\partial w_j} / \frac{\partial y_r}{\partial w_j} = \frac{y_i}{y_r} \therefore \frac{\partial y_i}{\partial w_j} y_r - \frac{\partial y_r}{\partial w_j} y_i = 0$$

Os testes de separabilidade são baseados em Greene (2003, p.108), em que uma restrição não-linear  $c(\hat{\beta}) = q$  pode ser testada por:

$$z = \frac{c - q}{se_c} \quad (5A)$$

em que  $z$  apresenta distribuição  $t$  e:

$$c = c(\hat{\beta}) = \frac{\gamma_{ij}}{\gamma_{rj}} \therefore$$

$$q = \frac{s_i}{s_r}$$

sendo  $se_c$  o erro-padrão. A variância estimada de  $c - (se_c)^2$  - pode ser obtida de uma aproximação de uma série linear de Taylor em torno de  $c(\hat{\beta})$ :

$$c(\hat{\beta}) = c(\beta) + \left( \frac{\partial c(\hat{\beta})}{\partial \beta} \right)' (\hat{\beta} - \beta)$$

$$\text{var}(c(\hat{\beta})) = \left( \frac{\partial c(\hat{\beta})}{\partial \beta} \right)' \text{var}(\hat{\beta}) \left( \frac{\partial c(\hat{\beta})}{\partial \beta} \right)$$

$$(se_c)^2 = \left( \frac{dc}{d\gamma_{ij}} \right)^2 (se_{\gamma_{ij}})^2 + \left( \frac{dc}{d\gamma_{rj}} \right)^2 (se_{\gamma_{rj}})^2 + 2 \cdot \left( \frac{dc}{d\gamma_{ij}} \right) \left( \frac{dc}{d\gamma_{rj}} \right) \text{cov}(\gamma_{ij}, \gamma_{rj})$$

em que  $\text{cov}(\gamma_{ij}, \gamma_{rj})$  é a covariância estimada  $\gamma_{ij}, \gamma_{rj}$ .

## APÊNDICE B

### O MULTIPLICADOR DO DISPÊNDIO TOTAL

A função de lucro é dada por:

$$\pi = p_i y_i + p_r y_r - w_j x_j - w_v x_v - w_k x_k$$

em que  $w_k x_k$  representa o fator fixo;  $i$ , os produtos;  $j, v$ , os insumos; e  $c$ , o dispêndio total:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial c} &= \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial c} + \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial c} - \frac{\partial(w_j x_j)}{\partial c} - \frac{\partial(w_v x_v)}{\partial c} \\ \frac{\partial \pi}{\partial c} \frac{c}{\pi} &= \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial c} \frac{c}{\pi} + \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial c} \frac{c}{\pi} - \frac{\partial(w_j x_j)}{\partial c} \frac{c}{\pi} - \frac{\partial(w_v x_v)}{\partial c} \frac{c}{\pi} \\ \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} &= \frac{\partial(p_i y_i)/\pi}{\partial c/c} + \frac{\partial(p_r y_r)/\pi}{\partial c/c} - \frac{\partial(w_j x_j)/\pi}{\partial c/c} - \frac{\partial(w_v x_v)/\pi}{\partial c/c} \\ \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} &= \frac{\partial s_i}{\partial \ln c} + \frac{\partial s_r}{\partial \ln c} - \frac{\partial s_j}{\partial \ln c} - \frac{\partial s_v}{\partial \ln c} \end{aligned}$$

Assim,  $\lambda$  é calculado e especificado no modelo como:

$$\frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln c} = \lambda = \left( \sum_{i=1}^M \alpha_{ic} \ln p_i + \sum_{j=1}^M \beta_{jc} \ln w_j \right)$$

Com relação ao insumo fixo, o resultado é similar, mas um pouco diferente:

$$\pi = p_i y_i + p_r y_r - w_j x_j - w_v x_v - w_k x_k$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial x_k} &= \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial x_k} + \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial x_k} - \frac{\partial(w_j x_j)}{\partial x_k} - \frac{\partial(w_v x_v)}{\partial x_k} - w_k \\ \frac{\partial \pi}{\partial x_k} \frac{x_k}{\pi} &= \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial x_k} \frac{x_k}{\pi} + \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial x_k} \frac{x_k}{\pi} - \frac{\partial(w_j x_j)}{\partial x_k} \frac{x_k}{\pi} - \frac{\partial(w_v x_v)}{\partial x_k} \frac{x_k}{\pi} - \frac{w_k x_k}{\pi} \\ \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln x_k} &= \frac{\partial(p_i y_i)/\pi}{\partial x_k/x_k} + \frac{\partial(p_r y_r)/\pi}{\partial x_k/x_k} - \frac{\partial(w_j x_j)/\pi}{\partial x_k/x_k} - \frac{\partial(w_v x_v)/\pi}{\partial x_k/x_k} - \frac{w_k x_k}{\pi} \\ \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln x_k} &= \frac{\partial s_i}{\partial \ln x_k} + \frac{\partial s_r}{\partial \ln x_k} - \frac{\partial s_j}{\partial \ln x_k} - \frac{\partial s_v}{\partial \ln x_k} - \frac{w_k x_k}{\pi} \end{aligned}$$

O impacto do insumo fixo é igual ao impacto líquido nas parcelas de produto/insumos menos o impacto do preço do insumo fixo. Entretanto, é utilizada a quantidade física do fator na estimação e os resultados se tornam:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial x_k} &= \frac{\partial(p_i y_i)}{\partial x_k} + \frac{\partial(p_r y_r)}{\partial x_k} - \frac{\partial(w_j x_j)}{\partial x_k} - \frac{\partial(w_v x_v)}{\partial x_k} + \frac{x_k}{\partial x_k} \\ \frac{\partial \ln \pi}{\partial \ln x_k} &= \frac{\partial s_i}{\partial \ln x_k} + \frac{\partial s_r}{\partial \ln x_k} - \frac{\partial s_j}{\partial \ln x_k} - \frac{\partial s_v}{\partial \ln x_k} + \frac{x_k}{\pi} \end{aligned}$$

## APÊNDICE C

### DIFERENÇA ENTRE O MODELO DE EXPECTATIVAS RACIONAIS E QUASE RACIONAIS<sup>19</sup>

Considerando um modelo de oferta e demanda:

$$Q_t^d = a + bP_t + eI_t + v_t$$

$$Q_t^s = c + dP_t^* + fC_t + u_t$$

$$E_{t-1}(P_t) = P_t^*$$

$$Q_t^d = Q_t^s$$

em que  $Q_t^d$  é a demanda;  $Q_t^s$ , a oferta;  $I_t$ , a renda;  $C_t$ , custos;  $P_t$ , o preço; e  $E_{t-1}(P_t)$ , o preço esperado de  $P_t$  no período  $t - 1$ .

Igualando as equações de oferta e demanda, resolvendo para  $P_t^*$ :

$$P_t^* = \frac{c-a}{b-d} + \frac{f}{b-d}C_t - \frac{e}{b-d}I_t + \frac{1}{b-d}E_{t-1}u_t - \frac{1}{b-d}E_{t-1}v_t$$

Resulta nas expectativas racionais para o preço de mercado.

---

<sup>19</sup> Extraído de Nerlove et al. (1995, p. 304-306).

Assume-se que cada variável possa ser estimada por um modelo ARIMA desde que o processo seja estacionário:

$$\psi_c(L)C_t = \theta_c(L)\varepsilon_{C_t}$$

$$\psi_I(L)I_t = \theta_I(L)\varepsilon_{I_t}$$

em que  $\psi_c(\cdot), \theta_c(\cdot), \psi_I(\cdot), \theta_I(\cdot)$  são polinômios em  $L$ , satisfazendo as condições de estacionariedade e de invertibilidade.

$C_t$  e  $I_t$  podem ser escritos como :

$$C_t = \frac{\theta_c(L)}{\psi_c(L)} \varepsilon_{C_t}$$

$$I_t = \frac{\theta_I(L)}{\psi_I(L)} \varepsilon_{I_t}$$

Assume-se que:

$$E(u_t v_t) = E(u_t u_{t'}) = E(v_t v_{t'}) = 0, \text{ para } t \neq t'$$

Então  $P_t^*$  podem ser expresso como:

$$P_t^* = \frac{c-a}{b-d} + \frac{f}{b-d} \frac{\theta_c(L)}{\psi_c(L)} \varepsilon_{C_t} - \frac{e}{b-d} \frac{\theta_I(L)}{\psi_I(L)} \varepsilon_{I_t}$$

ou

$$P_t^* = \Theta_0 + \frac{\Theta(L)}{\Phi(L)} \xi_t$$

em que:

$$\Theta_0 = \frac{c-a}{b-d}$$

$\frac{\Theta(L)}{\Phi(L)} \xi_t$  tem a mesma distribuição que:

$$\frac{f}{b-d} \frac{\theta_c(L)}{\psi_c(L)} \varepsilon_{c_t} - \frac{e}{b-d} \frac{\theta_l(L)}{\psi_l(L)} \varepsilon_{l_t}$$

Esta é a expressão para as Expectativas Racionais.

Para o modelo de Expectativas Quase Racionais, as expectativas das variáveis endógenas e exógenas são repostas pela previsão com base no Erro do Quadrado Médio Mínimo (MMSE), usando a técnica de séries temporais.

Relaxando as pressuposições de que os erros na demanda e oferta não são independentes:

$$u_t = \sum_{j=0}^{\infty} w_j \varepsilon_{t-j}, \text{ em que } \{\varepsilon_t\} \text{ é ruído branco, } E(\varepsilon_t) = 0.$$

$$v_t = \sum_{j=0}^{\infty} r_j \eta_{t-j}, \text{ em que } \{\eta_t\} \text{ é ruído branco, } E(\eta_t) = 0.$$

$P_t^*$  é agora definido como:

$$P_t^* = \frac{c-a}{b-d} + \frac{f}{b-d} C_t - \frac{e}{b-d} I_t + \frac{1}{b-d} \sum_{j=1}^{\infty} w_j \varepsilon_{t-j} - \frac{1}{b-d} \sum_{j=1}^{\infty} r_j \eta_{t-j}$$

Os erros podem ser representados por:

$$\frac{1}{b-d} \sum_{j=1}^{\infty} w_j \varepsilon_{t-j} = \theta_\gamma(L) \gamma_{t-1}$$

$$\frac{1}{b-d} \sum_{j=1}^{\infty} r_j \eta_{t-j} = \theta_\mu(L) \mu_{t-1}$$

então:

$$P_t^* = \frac{c-a}{b-d} + \frac{f}{b-d} \frac{\theta_c(L)}{\psi_c(L)} \varepsilon_{c_t} - \frac{e}{b-d} \frac{\theta_l(L)}{\psi_l(L)} \varepsilon_{l_t} + \theta_\gamma(L) \gamma_{t-1} - \theta_\mu(L) \mu_{t-1}$$

ou



$$P_t^* = \Theta_0 + \frac{\Theta(L)}{\Phi(L)} \xi_t$$

em que:

$$\Theta_0 = \frac{c-a}{b-d}$$

$\frac{\Theta(L)}{\Phi(L)} \xi_t$  tem a mesma distribuição que:

$$\frac{f}{b-d} \frac{\theta_c(L)}{\psi_c(L)} \varepsilon_{c_t} - \frac{e}{b-d} \frac{\theta_l(L)}{\psi_l(L)} \varepsilon_{l_t} + \theta_\gamma(L) \gamma_{t-1} - \theta_\mu(L) \mu_{t-1}$$

A diferença básica é:

Nas expectativas racionais o preço esperado é função de variáveis exógenas no sistema e incorpora toda a estrutura econômica no modelo. Corresponde à estimação com informação completa da forma reduzida, incorporando todas as restrições sobre identificadas.

As Expectativas Quase Racionais correspondem à forma reduzida da Expectativas Racionais completas que não especifica a restrição apropriada e, desse modo, pode não permitir que a estrutura dos parâmetros seja identificada. Se os parâmetros estruturais não mudam ou se o modelo considerado é subidentificado em qualquer caso, então o ganho do modelo completo de Expectativas Racionais é nulo.

## APÊNDICE D

Tabela 1D – Dados utilizados na pesquisa: preços dos produtos, dos insumos, área cultivada e crédito

	Preço previstos dos produtos					Preço insumos			Crédito de custeio	
	Algod.	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fert.	M.d.O.		Def.
1976	4.77	1.37	6.36	0.92	1.66	1.61	1.28	675.50	66.00	2.72210E+10
1977	3.54	1.44	3.88	0.80	1.65	1.64	1.10	682.10	61.40	2.66950E+10
1978	3.48	1.65	3.48	0.99	1.55	1.64	1.05	693.30	51.60	2.49770E+10
1979	3.22	1.87	3.99	0.99	1.64	1.33	1.12	750.80	66.30	3.49150E+10
1980	3.45	1.52	6.78	1.06	1.37	1.09	1.50	716.60	78.10	3.77120E+10
1981	2.85	1.47	4.95	0.86	1.20	1.46	1.41	700.60	98.30	3.46540E+10
1982	2.51	1.52	2.94	0.76	1.11	1.57	1.26	706.20	110.80	3.43550E+10
1983	3.76	1.51	4.75	1.06	1.75	1.41	1.26	634.70	141.20	2.48540E+10
1984	2.99	1.26	3.85	0.85	1.53	1.52	1.34	568.10	114.60	2.03000E+10
1985	2.70	1.53	3.29	0.86	1.31	2.03	1.34	617.40	126.10	3.27100E+10
1986	2.59	1.20	3.46	0.78	1.12	1.69	1.10	439.20	114.30	3.47850E+10
1987	2.49	0.77	2.72	0.59	1.13	0.90	0.97	365.40	125.10	3.27850E+10
1988	1.78	0.90	2.66	0.66	1.33	0.85	1.00	329.10	127.80	2.72450E+10
1989	1.67	0.64	2.79	0.50	0.77	0.55	0.88	398.40	87.70	3.17400E+10
1990	1.52	0.86	2.41	0.54	0.64	0.48	0.92	256.60	80.10	1.29500E+10
1991	1.37	0.76	2.02	0.50	0.71	0.45	0.85	225.10	70.00	1.71690E+10
1992	1.42	0.67	1.88	0.46	0.74	0.59	0.86	267.50	70.30	1.43350E+10
1993	1.35	0.67	2.52	0.46	0.72	0.46	0.74	342.80	62.10	1.11400E+10
1994	1.40	0.62	2.05	0.39	0.59	0.42	0.66	213.90	55.00	1.46380E+10
1995	1.25	0.51	1.41	0.36	0.51	0.43	0.62	281.30	48.90	6.31090E+09
1996	1.31	0.56	1.74	0.36	0.63	0.48	0.68	283.60	47.90	7.55200E+09
1997	1.39	0.57	1.52	0.33	0.65	0.37	0.70	281.50	47.20	8.12900E+09
1998	1.18	0.72	2.58	0.35	0.52	0.37	0.64	293.60	48.30	7.32760E+09
1999	1.24	0.54	1.38	0.37	0.56	0.43	0.80	275.90	68.30	7.69430E+09
2000	1.16	0.47	1.25	0.33	0.53	0.40	0.76	269.30	59.10	7.90150E+09
2001	1.01	0.54	1.73	0.31	0.61	0.44	0.82	290.80	58.30	8.05180E+09
2002	1.11	0.59	1.79	0.40	0.78	0.61	0.72	284.70	56.70	9.93540E+09
2003	1.41	0.76	1.48	0.36	0.77	0.52	0.83	278.20	62.40	1.32530E+10
2004	1.26	0.63	1.31	0.33	0.65	0.43	0.95	275.50	66.00	1.52450E+10
2005	1.03	0.51	1.41	0.30	0.50	0.35	0.89	300.00	45.30	1.07270E+10

Tabela 2D – Dados utilizados na pesquisa: quantidade dos produtos e dos insumos

	Quantidade dos produtos						Quantidade dos insumos			
	Alg.	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Fert.	M.d.O	Def.	Área Cult.
1976	4.77	1.37	6.36	0.92	1.66	1.61	1.28	675.50	66.00	3.65270E+07
1977	3.54	1.44	3.88	0.80	1.65	1.64	1.10	682.10	61.40	3.57180E+07
1978	3.48	1.65	3.48	0.99	1.55	1.64	1.05	693.30	51.60	3.66100E+07
1979	3.22	1.87	3.99	0.99	1.64	1.33	1.12	750.80	66.30	3.91420E+07
1980	3.45	1.52	6.78	1.06	1.37	1.09	1.50	716.60	78.10	3.94170E+07
1981	2.85	1.47	4.95	0.86	1.20	1.46	1.41	700.60	98.30	3.99890E+07
1982	2.51	1.52	2.94	0.76	1.11	1.57	1.26	706.20	110.80	3.63040E+07
1983	3.76	1.51	4.75	1.06	1.75	1.41	1.26	634.70	141.20	3.70890E+07
1984	2.99	1.26	3.85	0.85	1.53	1.52	1.34	568.10	114.60	3.85580E+07
1985	2.70	1.53	3.29	0.86	1.31	2.03	1.34	617.40	126.10	4.14850E+07
1986	2.59	1.20	3.46	0.78	1.12	1.69	1.10	439.20	114.30	4.11540E+07
1987	2.49	0.77	2.72	0.59	1.13	0.90	0.97	365.40	125.10	4.19950E+07
1988	1.78	0.90	2.66	0.66	1.33	0.85	1.00	329.10	127.80	4.13600E+07
1989	1.67	0.64	2.79	0.50	0.77	0.55	0.88	398.40	87.70	3.81180E+07
1990	1.52	0.86	2.41	0.54	0.64	0.48	0.92	256.60	80.10	3.70160E+07
1991	1.37	0.76	2.02	0.50	0.71	0.45	0.85	225.10	70.00	3.76750E+07
1992	1.42	0.67	1.88	0.46	0.74	0.59	0.86	267.50	70.30	3.49160E+07
1993	1.35	0.67	2.52	0.46	0.72	0.46	0.74	342.80	62.10	3.83730E+07
1994	1.40	0.62	2.05	0.39	0.59	0.42	0.66	213.90	55.00	3.79960E+07
1995	1.25	0.51	1.41	0.36	0.51	0.43	0.62	281.30	48.90	3.63420E+07
1996	1.31	0.56	1.74	0.36	0.63	0.48	0.68	283.60	47.90	3.57520E+07
1997	1.39	0.57	1.52	0.33	0.65	0.37	0.70	281.50	47.20	3.40490E+07
1998	1.18	0.72	2.58	0.35	0.52	0.37	0.64	293.60	48.30	3.59160E+07
1999	1.24	0.54	1.38	0.37	0.56	0.43	0.80	275.90	68.30	3.65440E+07
2000	1.16	0.47	1.25	0.33	0.53	0.40	0.76	269.30	59.10	3.66480E+07
2001	1.01	0.54	1.73	0.31	0.61	0.44	0.82	290.80	58.30	3.89360E+07
2002	1.11	0.59	1.79	0.40	0.78	0.61	0.72	284.70	56.70	4.24650E+07
2003	1.41	0.76	1.48	0.36	0.77	0.52	0.83	278.20	62.40	4.56650E+07
2004	1.26	0.63	1.31	0.33	0.65	0.43	0.95	275.50	66.00	4.73110E+07
2005	1.03	0.51	1.41	0.30	0.50	0.35	0.89	300.00	45.30	4.61730E+07