

COMPETITIVIDADE DA CULTURA DA SOJA EM UMA EMPRESA DA REGIÃO DE CAMPINAS, SP¹

ADRIANO J.B.V. AZEVEDO FILHO² e FERNANDO CURI PÉRES³

RESUMO - A competitividade da produção da soja foi testada em uma empresa agrícola comercial da Região de Campinas, SP, em duas situações: uma, em que o objetivo do agricultor é a maximização do lucro, sem considerar os riscos envolvidos. A outra, em que o processo de tomada de decisão considera, explicitamente, os riscos envolvidos. A soja mostrou-se competitiva em ambos os casos. A programação matemática evidenciou ser um instrumento prático, como técnica de planejamento de empresas rurais nas condições do Brasil.

Termos para indexação: programação linear, planejamento agropecuário, risco, sistema de produção.

SOYBEAN PRODUCTION COMPETITIVENESS IN A REGION OF CAMPINAS, SÃO PAULO

ABSTRACT - Soybean production competitiveness was tested in a cash crop farm of the Campinas Region, SP. Two cases were considered: one, in which the farmer was seen as being profit maximizer and risk neutral; in the other case, he was considered to be risk averter. Soybean production was found to be competitive in both cases. Mathematical programming was shown to be a practical tool in farm planning in Brazil.

Index terms: linear programming, agricultural planning, risk, production system.

INTRODUÇÃO

As regiões produtoras de cana-de-açúcar tendem à monocultura. Alguns agricultores que comandam altas tecnologias têm resistido à especialização e conseguido maiores lucros com cultivos mais rentáveis, embora enfrentando maiores riscos.

Este trabalho relata três fases do planejamento de uma empresa da Região de Campinas, SP (Fazenda AC01). Na primeira fase, foi determinado qual a combinação de culturas que maximiza o lucro da empresa. Na segunda, determinaram-se as modificações que ocorreriam naquela solução ótima se a soja fosse uma alternativa considerada. Finalmente, foi determinado o "trade-off" entre lucro e risco, com o qual o agricultor se defronta.

Utilizou-se o método da programação linear na determinação do lucro (remuneração aos fatores fixos ou margem bruta) máximo da empresa. O risco foi medido também no problema de progra-

mação linear, pela soma dos desvios absolutos com relação às médias dos retornos das culturas nos últimos seis anos. Trata-se de um estudo de caso. A análise pode, no entanto, elucidar bastante o uso potencial da programação linear na administração rural. Este procedimento pode ser utilizado em inúmeras situações, através de simples adaptações nos coeficientes utilizados. Seu uso é particularmente importante em decisões sob condições de risco.

MATERIAL E MÉTODOS

O Modelo - O modelo utilizado, Gass (1969), pode ser simbolizado por

$$\text{Maximizar } Z = f'x \quad (1)$$

Sujeito a:

$$Ax \leq b \quad (2)$$

e

$$x \geq 0, \quad (3)$$

onde Z é um escalar; f é um vetor de margens brutas; x é o vetor de atividades; A é a matriz dos coeficientes técnicos e b um vetor de restrições.

A função objetivo, Z , é o produto do vetor f (coluna) das margens brutas das diversas culturas pelo vetor x (coluna) das atividades. O vetor f inclui receitas tais como venda de algodão, milho, esterco, frangos de corte, juros de aplicações financeiras, etc. Estes valores (receitas) correspondem a elementos com sinais positivos. Todas as despesas, tais como a compra de insumos, o pagamento de trabalhadores, os juros de empréstimos contraídos, etc., correspondem a elementos com valores negativos.

¹ Aceito para publicação em 23 de dezembro de 1981.

Um resumo deste trabalho foi apresentado no II Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, Brasília, DF, 1981.

² Eng^o Agr^o, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). Aluno do Curso de Pós-Graduação em Economia Rural da ESALQ e bolsista do CNPq-FEALQ, Caixa Postal 9, CEP 13400 - Piracicaba, SP.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., EMBRAPA. Prof. Visitante, ESALQ.

As principais atividades consideradas foram:

- a. Três atividades de produção de cana-de-açúcar, no sistema de parceria a 25% (o parceiro, a usina, é responsável por todos os custos de produção, cabendo como pagamento à fazenda, pelo uso da terra, 25% da produção obtida). Cada atividade corresponde à produção em um tipo diferente de solo. Na cana-de-açúcar, como nas outras culturas, os rendimentos são diferenciados para cada tecnologia considerada;
- b. Trinta e sete atividades de produção de algodão. Correspondem às combinações de três tipos de solo, duas épocas de plantio, três tipos de adubação e duas formas de colheita, além do plantio em sistema de parceria ("meia") nos solos de topografia desfavorável;
- c. Dezoito atividades de produção de milho: três tipos de solo, três tipos de adubação, e duas épocas de plantio;
- d. Cinco atividades de produção de soja: para solos diferentes e com dois tipos de adubação (com adubação em qualquer tipo de solo e sem adubação em solos que a longo período vêm recebendo adubação recomendada para outras culturas);
- e. Duas atividades de venda de algodão: colhido a mão e colhido a máquina;
- f. Uma atividade de pagamento pela colheita manual do algodão;
- g. Uma atividade de criação de frangos de corte num sistema de arrendamento onde se recebe uma quantia por ave e por ciclo de produção. Toda a cama de frango produzida pertence à fazenda. Esta cama de frango pode ser vendida, usada como alimento no confinamento de bois, ou aplicado nas culturas como fertilizante;
- h. Uma atividade de confinamento de bovinos de corte, engordados com cama de frango, milho triturado com palha e sabugo e cana picada, alimentos que podem ser produzidos na fazenda ou comprados, em atividades específicas do modelo. Esta atividade produz, além da carne, o esterco, que pode ser vendido;
- i. Três atividades de crédito rural, para algodão, soja e milho;
- j. Quinze atividades de aquisição de mão-de-obra. Em cada período de trabalho da mão-de-obra especializada, existe a possibilidade de serem contratadas horas extras de trabalho quando a quantidade existente na fazenda não for suficiente;
- k. Oito atividades de compra de insumos para as diversas culturas;
- l. Dezenove atividades de transferência de horas não utilizadas de tratorista para a disponibilidade de mão-de-obra não especializada;
- m. Doze atividades de investimento no "open-market" dos excedentes de capital operacional, em cada um dos doze subperíodos;
- n. Doze atividades de tomada de empréstimo, a taxas

de juros de mercado oferecidas para cada um dos doze subperíodos do ano;

- o. Uma atividade de venda de milho;
- p. Uma atividade de compra de milho;
- q. Uma atividade de venda de soja;
- r. Diversas atividades de transferência.

As atividades propostas competem pelos recursos disponíveis na fazenda, colocados na forma de restrição, que correspondem aos valores do vetor b em (2). Simplificadamente, os recursos oferecidos pela fazenda abrangeram 365 ha de terra, três tratores Valmet 65 (56 HP), um trator CBT 1105 (100 HP), quatro tratoristas, três trabalhadores não especializados, uma colhedeira de algodão John Deere 499 e uma colhedeira de milho Penha de uma linha.

Assim, o vetor b compõe-se dos seguintes grupos de elementos:

- a. Quatro tipos de solos;
- b. Doze períodos de trabalho dos tratores Valmet 65;
- c. Cinco períodos de trabalho na sementeira de três linhas;
- d. Sete períodos de trabalho do trator CBT 1105;
- e. Dezenove períodos de trabalho dos tratoristas;
- f. Quinze períodos de trabalho da mão-de-obra não especializada;
- g. Fluxo de caixa (capital operacional) subdividido em doze períodos;
- h. Dois períodos de trabalho da colhedeira de grãos;
- i. Os números máximos de cabeças que podem ser confinadas nas atividades de engorda de bovinos e na criação de frangos de corte;
- j. Restrições de rotação de culturas. A área de milho deveria ser, no mínimo, igual a 1/3 da área de algodão; a área com soja sem adubação e em solos apropriados (Mascarenhas et al. 1977) poderia, no máximo, ser igual à área de milho mais a quarta parte da área plantada com cana-de-açúcar;
- k. Dezenove restrições limitando a execução de horas extras de serviço nos períodos de trabalho dos tratoristas;
- l. Três restrições de crédito rural para culturas.

Na definição dos números estimados de horas disponíveis de serviço dos fatores de produção, em cada período, foram utilizados dados da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas. Considerou-se o número de dias claros, parcialmente nublados e nublados, como sugerido por Wilkinson & Braunbeck (1977). Os resultados foram avaliados e considerados razoáveis por agricultores experientes da região.

Os coeficientes técnicos da matriz A foram calculados a partir de registros da fazenda AC01 e de outras propriedades com condições semelhantes. As produtividades das culturas foram estimadas por média de anos anteriores, incorporando variações esperadas pelo agricultor em face de tendências observadas nos anos recentes. Os preços dos produtos foram determinados de acordo com as informações existentes acerca dos mercados físico e futuro. Nos dois casos, a experiência do proprietário foi im-

portante para definição dos valores finais.

As taxas de juros para contratação de empréstimos eventuais foram de 80% ao ano. O uso de crédito rural, bem como sua distribuição no fluxo de caixa, fez-se de acordo com as normas vigentes do Banco Central, para a safra 80/81. A taxa de retorno considerada nas aplicações do "open-market" foi de 2,5% ao mês.

Procedimento - Na primeira fase do trabalho, não foram permitidas as atividades de cultivo de soja. Foi então verificada a combinação de atividades que maximiza o lucro, no período.

A segunda fase constou da introdução das alternativas de cultivo de soja. Novamente foi determinada a combinação das atividades que maximiza o lucro. Também nesta fase admitiu-se, implicitamente, que o agricultor é indiferente ao risco. Nesta e na terceira fase pressupôs-se a existência de uma combinada em substituição à colheita de milho.

A terceira e última fase introduziu explicitamente o risco no modelo. Isto foi feito usando-se uma aproximação ao chamado enfoque da média-variância, Markowitz (1952) modificado por Hazell (1971). O modelo modificado é dado por:

$$\text{Minimizar } \frac{S}{2} = \sum_{i=1}^6 Y_i \quad (4)$$

$$\text{sujeito a } \sum_{j=1}^5 x_j D_{ij} + Y_i > 0 \quad (5)$$

$$\Gamma x = \lambda \quad (6)$$

$$Ax < b \quad (7)$$

$$x > 0 \text{ e } Y_i > 0, \quad (8)$$

onde S é a soma dos desvios absolutos com relação às médias das receitas brutas expressas a preços esperados de maio de 1981; D_{ij} é o desvio em relação à receita média dos seis anos (1974/75 a 1979/80) da cultura j no ano i. Naturalmente, quando $\sum x_j D_{ij} > 0$, o y correspondente assume o valor zero, por causa das restrições dadas por (5) e (8). Y_i é, portanto, uma variável auxiliar, que mede a soma dos desvios, quando esta soma é negativa num determinado ano.

As receitas médias, \bar{r}_j , foram calculadas de acordo com:

$$\sum_{i=1}^6 P_{ij} c_{ij} / n = \bar{r}_j, \quad j = 1, \dots, 5, \quad (9)$$

onde P_{ij} é a produtividade da cultura j no ano i, obtida através de dados de experimentos do Instituto Agrônomo de Campinas (Algodão e Soja) e médias regionais (Milho e Cana). Admitiu-se produtividade constante para engorda de bovinos. O valor c_{ij} é o preço recebido pelos agricultores, inflacionados para maio de 1981, para a cultura j no ano i. O valor n é o número de anos (6) considerados. Para inflacionar os preços, foi usado o índice de preços recebidos pelos agricultores, expandido a partir de outubro de 1980, na pressuposição da inflação deste índice da ordem de 80% até maio de 1981 (expecta-

tiva do proprietário). O desvio em relação à média foi calculado através de (10):

$$D_{ij} = (P_{ij} c_{ij} - \bar{r}_j) \quad i = 1, \dots, 6 \text{ e } j = 1, \dots, 5. \quad (10)$$

Parametrizando o valor λ (lucro) desde o valor Z* dado pela solução da Programação Linear na segunda fase, até valores próximos de zero, pode-se gerar a chamada "fronteira eficiente". Esta é definida como o lugar geométrico dos pontos correspondentes ao mínimo de risco necessário para atingir determinado valor da função lucro (\bar{Z}), dadas as limitações de recursos da empresa.

Com a introdução do risco na terceira fase, de acordo com o modelo (4) a (8), trabalhou-se com uma matriz final, com 186 colunas (atividades) e 139 linhas (restrições).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução do problema de maximização do lucro (primeira fase) está apresentada na Tabela 1.

O lucro nesta solução foi de Cr\$ 11.443.300,00/ano. É preciso notar que esta cifra corresponde a valores esperados de junho de 1981, os quais incluem cerca de Cr\$ 1.500.000,00 de lucro devido a operações financeiras (aplicações de eventuais folgas no "open-market").

Quando foram introduzidas as diversas alternativas de cultivo de soja (segunda fase), a solução ótima incorporou aquela cultura, como apresentada na Tabela 2.

O novo valor da função objetivo, foi de Cr\$ 12.045.700,00.

Antes de se considerar a possibilidade do cultivo de soja, a solução ótima indicava que cana deveria ser plantada em 141 ha, algodão em 134, e milho em 91 (Tabela 1). As criações de frango de corte e confinamento de bovinos foram acionadas até os respectivos limites físicos ou de capital. Com a introdução da possibilidade do cultivo da soja (Santa Rosa, 1.983 kg/ha) com adubação recomendada (372 kg/ha de 0 - 18 - 6) e sem adubação, porém plantada em rotação com milho, algodão ou cana, de modo a utilizar o adubo residual, a solução ótima indicou o plantio de 22,5 ha com adubação em solos de cultivo mais recente e 68 ha plantados sem adubo. A cana e o algodão cederam parte de suas áreas para a cultura da soja. Observou-se também que foi possível um melhor aproveitamento das máquinas existentes, além do uso eficiente do resíduo de adubação de outras culturas.

TABELA 1. Combinação de atividades que maximizam o lucro bruto. Fazenda AC01 1980/81.

Culturas		Unidade	Valor
Cana:	terra tipo 1 ^a	ha	31,1
Cana:	terra tipo 2 ^b	ha	109,7
Cana total		ha	140,8
Algodão:	terra tipo 4 ^c , sistema de produção com meeiro	ha	14,5
Algodão:	terra tipo 3 ^d , adubação química e orgânica, plantio no período 1, colheita mecânica	ha	119,3
Algodão total			133,8
Milho:	terra tipo 1 ^a , adubação química e orgânica, plantio no período 1	ha	45,4
Milho:	terra tipo 1 ^a , adubação química e orgânica, plantio no período 2	ha	45,4
Milho total		ha	90,8
Criação de frangos		1.000 aves/ciclo produtivo	15,0
Confinamento de bois		25 cabeças	6,0

^a Latossolo Roxo eutrófico, relevo suave ondulado, com boa fertilidade, cultivados há mais de 20 anos com cana, algodão e milho.

^b Latossolo Vermelho-Amarelo, relevo plano, atualmente com boa fertilidade, cultivadas há mais de 20 anos com cana, milho e algodão.

^c Terras de topografia desfavorável, de difícil mecanização.

^d Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, relevo suave ondulado, de fertilidade média, cultivados há quatro anos com milho e algodão.

TABELA 2. Combinação de atividades que maximizam o lucro bruto com alternativas de produção de soja. Fazenda AC01 1980/81.

Culturas		Unidade	Valor
Cana:	terra tipo 1 ^a	ha	86,4
Cana total		ha	86,4
Algodão:	terra tipo 4 ^a , sistema de produção com meeiro	ha	14,5
Algodão:	terra tipo 3 ^a , adubação química e orgânica, plantio no período, colheita manual	ha	54,2
Algodão:	terra tipo 3, adubação química e orgânica, plantio no período 1, colheita mecânica	ha	28,7
Algodão total		ha	97,4
Milho:	terra tipo 1, adubação química e orgânica, plantio no período 1	ha	45,4
Milho:	terra tipo 1, adubação química e orgânica, plantio no período 2	ha	45,4
Milho total		ha	90,8
Soja:	terra tipo 2 ^a , com adubação química	ha	22,5
Soja:	terra tipo 1, sem adubação química	ha	30,3
Soja:	terra tipo 3, sem adubação química	ha	38,0
Soja total		ha	90,8
Criação de frangos		1.000 aves/ciclo produtivo	15,0
Confinamento de bois		25 cabeças	6,0

^a Tipos de solo como definido na Tabela 1.

Com a introdução de risco no processo de decisão, usando-se o desvio absoluto com relação à média como variável "proxy", foi gerada a fronteira eficiente da Figura 1. As combinações de culturas correspondentes a cada ponto da Fig. 1 estão apresentadas na Tabela 3. Como pode ser observado, a soja, com adubação residual, persiste na solução ótima mesmo a baixos níveis de risco. É preciso notar, no entanto, que soja com adubação recomendada só entra a altos níveis de risco. As culturas de algodão e milho cederam lugar à cana, que tem sua área aumentada à medida que se diminui o lucro esperado e, conseqüentemente, o risco,

Os pontos G e H já estão no segmento da fronteira eficiente, que não tem interesse prático para

o proprietário da fazenda AC01. Isto porque não foi considerada a possibilidade de arrendar terra mediante pagamento de uma quantia fixa e sem risco. Ora, a partir do ponto F (lucro \leq Cr\$ 8.000.000,00) começa a sobrar terra não utilizada, à medida que o risco é reduzido. O mesmo fenômeno acontece com os 14,5 ha de topografia ruim que o modelo permite que sejam plantados com algodão em regime de parceria (meia). De qualquer maneira, o proprietário da AC01 não se mostrou tão averso ao risco, a ponto de eliminar algodão ou milho de sua propriedade ou arrendar parte de suas terras mediante pagamento fixo.

A matriz das correlações simples entre os desvios absolutos das médias das receitas das diversas

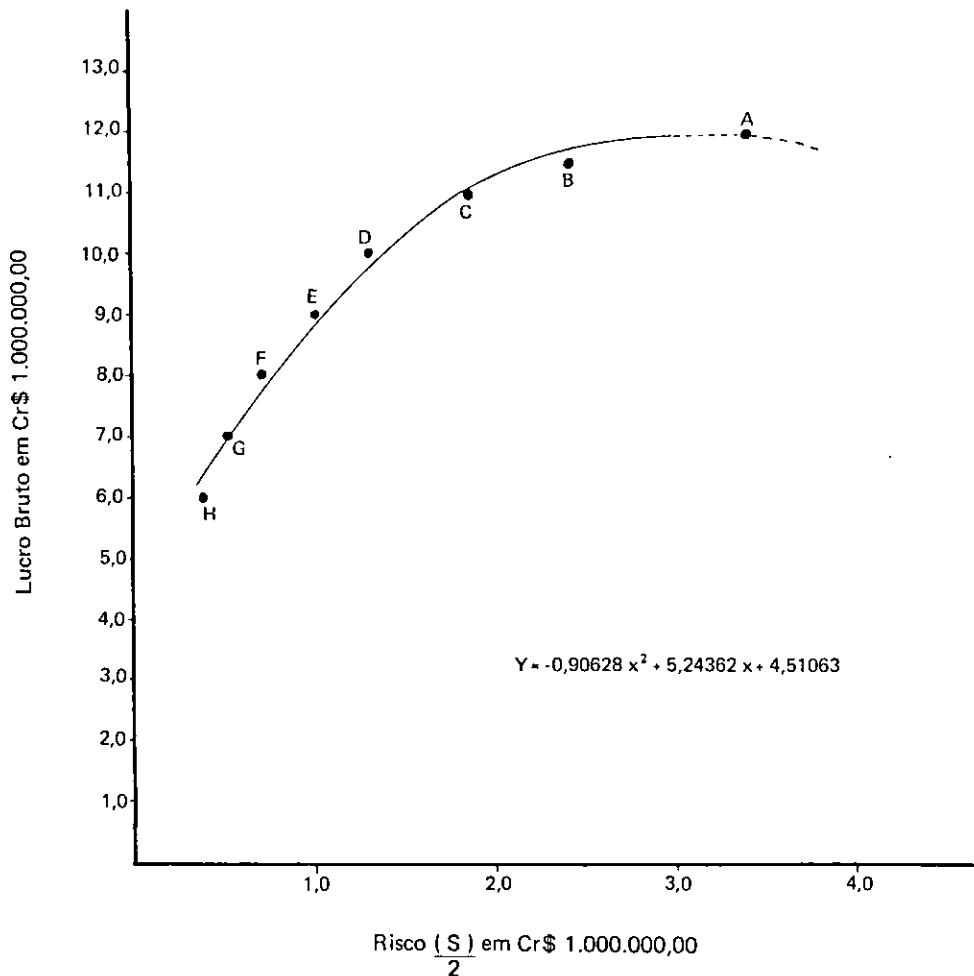


FIG. 1. "Fronteira eficiente" para a firma AC01. Ano Agrícola 1980 - 81.

TABELA 3. Combinações de culturas nos diversos pontos da fronteira eficiente. Fazenda AC01, 1980/81.

Atividades	Unidade	Pontos na Figura 1							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Cana: terra tipo 1 ^a	ha	0	19,1	30,3	38,7	67,3	101,6	118,6	118,6
Cana: terra tipo 2 ^a	ha	91,0	108,9	108,9	108,9	108,9	108,9	77,9	24,2
Cana: terra tipo 3 ^a	ha	0	0	0	33,9	44,3	44,3	55,7	65,3
Cana total	ha	91,0	128,0	139,2	181,5	220,5	254,8	251,7	208,1
Algodão: terra tipo 4 ^a , sistema de produção a meia	ha	14,5	14,5	0	0	0	0	0	0
Algodão: terra tipo 3, adubação química e orgânica, plantio no período 1, colheita manual	ha	48,9	0	0	0	0	0	0	0
Algodão: terra tipo 3, adubação química e orgânica, plantio no período 1, colheita mecânica	ha	6,1	6,1	0	0	0	0	0	0
Algodão: terra tipo 3, adubação química e orgânica, plantio no período 1, colheita mecânica	ha	22,1	35,3	30,25	4,8	0	0	0	0
Algodão total	ha	91,6	55,9	30,25	4,8	0	0	0	0
Milho: terra tipo 1, adubação química e orgânica, plantio no período 1	ha	45,4	45,4	45,4	35,3	8,2	0	0	0
Milho: terra tipo 1, adubação química e orgânica, plantio no período 2	ha	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	18,6	0	0
Milho total	ha	90,8	90,8	90,8	80,7	53,6	18,6	0	0
Soja: terra tipo 2, com adubo	ha	17,9	0	0	0	0	0	7,3	0
Soja: terra tipo 1, sem adubo	ha	30,3	11,2	0	0	0	0	0	0
Soja: terra tipo 3, sem adubo	ha	42,6	79,6	90,8	82,0	76,7	76,7	64,1	53,2
Soja total	ha	90,8	90,8	90,8	82,0	76,7	76,7	71,4	53,2
Criação de frangos	1.000 aves	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Confinamento de bois	25 cabeças	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Lucro bruto esperado em Cr\$ 1.000.000,00		12,0	11,5	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0
Risco (Desv. absol. com relação à média) em Cr\$ 1.000.000,00		3,4	2,4	1,9	1,3	1,0	0,7	0,5	0,4
$\frac{S}{2} / \text{lucro} \times 100$		28,3	20,8	17,3	13,0	11,1	8,8	7,1	6,7

culturas está apresentada na Tabela 4. Embora a série estudada seja muito pequena⁴, podem ser notados valores negativos relativamente altos para os coeficientes soja-cana, soja-milho, algodão-bovinos e soja-bovinos. Estes valores negativos são importantes fontes de redução de risco. À medida que aumenta a aversão ao risco, a solução ótima indica maiores áreas com cana, atividade de menor risco relativo. Só a soja e a engorda de bovinos em confinamento apresentam correlação negativa das receitas com cana, e, por esta razão, estas atividades permanecem na solução.

TABELA 4. Matriz das correlações simples entre os desvios absolutos das médias das receitas de diversas culturas. Fazenda AC01, Região de Campinas, SP. 1975-1980.

	Algodão	Milho	Soja	Cana	Bovinos
Algodão	1	-0,17	0,50	0,26	-0,71
Milho		1	-0,51	0,75	-0,24
Soja			1	-0,56	-0,57
Cana				1	-0,29
Bovinos					1

Fonte: Variações anuais das receitas, calculadas a partir de séries de preços e produtividades publicadas pelo IEA e experimentos do Instituto Agrônomo de Campinas, ajustados para as produtividades da propriedade.

⁴ Numa situação altamente inflacionária como a brasileira, é provável que o agricultor baseie seus planos somente na sua experiência mais recente. Seis anos parecem suficientes, neste caso.

CONCLUSÃO

A soja mostrou-se altamente competitiva nas duas situações analisadas. Participa do conjunto

das atividades quando o agricultor quer o máximo de lucro (indiferente ao risco) e participa também quando ele se mostra averso ao risco.

Em vista dos resultados do modelo, o proprietário da fazenda AC01 está considerando a possibilidade de vender a colhedeira de algodão, o qual passaria a ser colhido manualmente, e comprar uma combinada de maior capacidade para colheita de grãos. Com a combinada, as áreas cultivadas com soja e milho poderiam se aproximar das quantidades compatíveis com a aversão ao risco do proprietário da empresa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ) pelo financiamento parcial do trabalho, e aos Drs. Nelson M. da Silva e M.A. Miranda, respectivamente, das Seções de Algodão e Leguminosas do IAC, pelo fornecimento de dados experimentais não publicados. Os professores Cicely M. do Amaral, Evaristo M. Neves e José F. Noronha, sugeriram interessantes aprimoramentos.

REFERÊNCIAS

- GASS, S.I. *Linear programming: methods and applications*. 3.ed. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1969. p.358.
- HAZELL, P.B.R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. *Am. J. Agric. Econ.*, 53(1):53-62, Fev. 1971.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M.A. & TISSELLI FILHO, O. Cultura e adubação da soja. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *A soja no Brasil Central*. 1977. p.87-138.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *J. Finance*, 7(1): 77-91, Mar. 1952.
- WILKINSON, R.H. & BRAUNBECK, O.A. *Elementos de maquinaria agrícola*. 4.ed. Roma, Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1977. v.1, p.16-7.