

# **Fronteira de eficiência econômica em condições de risco utilizando o modelo MOTAD: um estudo de caso numa empresa agrícola no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**

**Rodrigo Prante Dill** (UFFS) - rodrigo.dill@uffs.edu.br

**Ari Söthe** (UFFS) - ari\_sothe@yahoo.com.br

**Carlos Eduardo Ruschel Anes** (UFFS) - carlos.anes@uffs.edu.br

**Décio Rebellatto Silva** (UFFS) - rebellattodecio@ig.com.br

## **Resumo:**

*O presente estudo teve por objetivo investigar o risco e a renda esperada decorrentes de diferentes portfólios de culturas de verão e traçar a fronteira eficiente, utilizando o modelo MOTAD, para orientar o processo de tomada de decisão de uma pequena empresa agrícola. Procedeu-se a coleta dos dados por meio de estudo de caso junto a uma pequena empresa agrícola no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A programação linear foi utilizada para modelar o portfólio que maximiza a renda esperada e o modelo de minimização do desvio absoluto total (MOTAD) foi empregado para construção da fronteira eficiente, que representa o risco assumido para a obtenção da renda esperada. Os resultados evidenciam que o tomador de decisão não maximiza sua renda frente ao risco assumido, dado o portfólio de culturas pretendido para a safra de 2010/2011. Verificou-se, portanto, a possibilidade de aumento na renda esperada para o risco pretendido. Denota-se que o modelo é operacional, e portanto, aplicável a atividade agrícola, podendo ser ampliado e aperfeiçoado, incluindo outras variáveis, como por exemplo, precipitação pluviométrica, disponibilidade de mão-de-obra e restrições financeiras.*

**Palavras-chave:** Tomada de decisão. Risco. Fronteira eficiente.

**Área temática:** Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos

## **Fronteira de eficiência econômica em condições de risco utilizando o modelo MOTAD: um estudo de caso numa empresa agrícola no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**

### **Resumo**

O presente estudo teve por objetivo investigar o risco e a renda esperada decorrentes de diferentes portfólios de culturas de verão e traçar a fronteira eficiente, utilizando o modelo MOTAD, para orientar o processo de tomada de decisão de uma pequena empresa agrícola. Procedeu-se a coleta dos dados por meio de estudo de caso junto a uma pequena empresa agrícola no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A programação linear foi utilizada para modelar o portfólio que maximiza a renda esperada e o modelo de minimização do desvio absoluto total (MOTAD) foi empregado para construção da fronteira eficiente, que representa o risco assumido para a obtenção da renda esperada. Os resultados evidenciam que o tomador de decisão não maximiza sua renda frente ao risco assumido, dado o portfólio de culturas pretendido para a safra de 2010/2011. Verificou-se, portanto, a possibilidade de aumento na renda esperada para o risco pretendido. Denota-se que o modelo é operacional, e portanto, aplicável a atividade agrícola, podendo ser ampliado e aperfeiçoado, incluindo outras variáveis, como por exemplo, precipitação pluviométrica, disponibilidade de mão-de-obra e restrições financeiras.

Palavras-chave: Tomada de decisão. Risco. Fronteira eficiente.

Área Temática: Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos

### **1 Introdução**

A agricultura desempenha relevante papel na economia brasileira e o desenvolvimento brasileiro depende da produção adequada de alimentos, de fibras e de outros produtos agrícolas. Entretanto, o empresário rural toma decisões em ambiente de risco e de incerteza no qual a gestão torna-se cada vez mais complexa. A superação desses problemas deve ser enfrentada pelos próprios empresários, de forma individual ou coletiva, por meio de ações que possam ter, entre outros objetivos, o de aprimorar a eficiência de sua unidade de produção.

A pesquisa tem importante papel na solução de problemas da agricultura, pois permite auxiliar o empresário rural no planejamento e gestão de seu empreendimento, com vistas à consecução de seus objetivos e de acordo com sua racionalidade e sua orientação econômica. Considerando-se unidades de produção de orientação empresarial, torna-se imprescindível a geração de subsídios pela pesquisa que levem o empresário rural a agir de maneira mais eficaz. Assim, serão possíveis ganhos de produtividade e, portanto, maiores lucros.

Entretanto, mesmo em unidade de produção de orientação empresarial, o lucro não é, isoladamente, a única variável relevante na decisão. É necessário considerar outras variáveis importantes no processo de deliberação, tais como o nível de risco envolvido em cada uma das decisões possíveis. Os empresários rurais se expõem ao risco pelo fato de o maior nível dele ser condição geralmente necessária para atingir níveis mais elevados de receita com o consequente aumento do lucro. Tal afirmação se reveste de importância ao considerar que os riscos das atividades agrícolas são maiores pelo fato de seu desempenho ser dependente também de condições climáticas.

Uma importante contribuição ao gerenciamento de empresas agrícolas é proporcionar ao empresário rural os instrumentos para avaliação das consequências de suas ações como, por exemplo, a escolha do portfólio de culturas. Para tal, deve-se considerar a renda e o risco envolvidos, além de outras variáveis importantes, nas diferentes atividades exploradas ou exploráveis e nas diversas combinações entre as mesmas.

Neste estudo, introduziu-se o risco na análise pelo uso de uma aproximação linear ao enfoque desenvolvido por Markowitz (1952). Trata-se do modelo MOTAD, sugerido por Hazell (1971), que utiliza o desvio absoluto em relação às receitas esperadas como medida de risco, permitindo que o problema seja resolvido por programação linear. A fronteira eficiente é definida como o lugar geométrico dos pontos correspondentes ao mínimo risco necessário para atingir determinado valor de renda bruta, dadas as limitações de recursos das empresas.

A opção pelo emprego do modelo MOTAD deve-se ao fato de este atender aos objetivos do estudo com relativa simplicidade, além de já ter sido citado por diferentes autores como instrumento adequado à gestão de empresas agrícolas e à formulação de políticas (Peres, 1981; Azevedo Filho e Peres, 1984; Figueiredo, Bacchi e Peres, 1993; Balverde, 1997; Araújo, 1997; Bittencourt, Sampaio e Hasegawa, 1998).

Este trabalho teve por objetivo investigar o risco e a renda esperada decorrentes de diferentes portfólios de culturas de verão e traçar a fronteira eficiente, utilizando o modelo MOTAD, para orientar o processo de tomada de decisão de uma pequena empresa agrícola.

## **2 Referencial teórico**

### **2.1 Atividade rural e gestão de custos**

As atividades rurais podem ser exercidas de várias formas, desde o cultivo para a própria sobrevivência, até as grandes empresas que exploram os setores agrícola, pecuário e agroindustrial. Para Marion (2003), empresas rurais são aquelas que exploram a capacidade produtiva do solo por meio do cultivo da terra, da criação de animais e da transformação de determinados produtos agrícolas. A agricultura representa toda atividade de exploração da terra, seja tal atividade agrícola (vegetal), zootécnica (animais) ou agroindustrial (beneficiamento dos produtos).

Crepaldi (1998) comenta que o agricultor vem diminuindo o número de atividades em seu estabelecimento rural, dedicando-se apenas a uma ou duas destas e se especializando para melhorar a qualidade de seus produtos. Assim, visa um mercado do qual recebe um melhor preço. Não há dúvidas de que o conhecimento técnico, a sensibilidade e a competência no diagnóstico da empresa determinam grande parte do sucesso do gestor rural.

No que se refere a dispêndios para a formação das culturas agrícolas, a classificação contábil subordina-se a dois conceitos: culturas temporárias e culturas permanentes. Para Crepaldi (1998), culturas temporárias são aquelas sujeitas ao replantio após cada colheita, como milho, trigo, feijão, arroz, cebola etc. Nesse caso, os dispêndios para a formação da cultura serão considerados, no período de sua realização, despesas de custeio. Culturas permanentes são aquelas que propiciam várias colheitas, sem necessidade de replantio.

Os custos da atividade rural apresentam terminologia idêntica à utilizada nas atividades industriais sendo classificados, também, em custos fixos e variáveis. Segundo Martins (2000), os custos variáveis são os custos relacionados diretamente à quantidade produzida. Quanto maior a quantidade a ser fabricada (produzida) em determinado período, maior será seu consumo. Na atividade agrícola, isso não é diferente, pois os custos considerados variáveis são aqueles que modificam de acordo com o montante a ser cultivado.

Os custos fixos, ao contrário dos custos variáveis, não são influenciados pelo volume de produção em determinado período. Mesmo que seus valores sejam alterados entre um e outro período, eles não estão relacionados à quantidade produzida. O aluguel da fábrica de

certo mês é de determinado valor, independentemente de aumentos ou diminuições naquele mês do volume elaborado de produtos (MARTINS, 2000).

Os custos mistos, normalmente, apresentam componentes fixos e outros que variam em função do volume de vendas ou produção. Para Hasen e Mowen (2001), custos mistos são aqueles que têm um componente fixo e outro, variável como, por exemplo, os funcionários que recebem um salário fixo e comissões sobre a produção. Cada unidade produzida acrescentará um valor  $x$  em seus salários.

## 2.2 Modelagem de risco

A partir da análise de portfolio de Markowitz (1952) criaram-se modelos matemáticos que tentam reproduzir o comportamento do tomador de decisão. O mais simples é a programação linear, que visa maximizar uma função-objetivo (frequentemente a margem bruta, definida como diferença entre receita total e custos variáveis), dadas as diferentes atividades e uma série de recursos escassos. Esse modelo foi utilizado por diversos autores em ciências agrárias, entre eles Leite (1980), Silva Júnior (1983), Emaná e Storck (1992).

O modelo de programação linear permite estudar a possível diversificação de atividades, o que pode ser um fator de diminuição de risco. Entretanto, a programação linear não considera o risco de maneira explícita como variável na tomada de decisão, o que limita o uso do modelo. Há ainda algumas outras limitações como a pressuposição de linearidade, ou seja, a razão insumo-produto considerada constante.

Markowitz (1952) afirmou que, de fato, renda esperada e risco envolvido (aqui entendido como variância da renda esperada) são fatores importantes na tomada de decisão. Dessa maneira, espera-se que, em cada nível de risco, haja um nível máximo de renda esperada e, em cada nível de renda esperada, haja um nível mínimo de risco envolvido. Assim, gera-se a fronteira eficiente, que contém os pontos de decisão racional levando-se em conta renda, risco e o objetivo de se maximizar lucro (Figura 1).

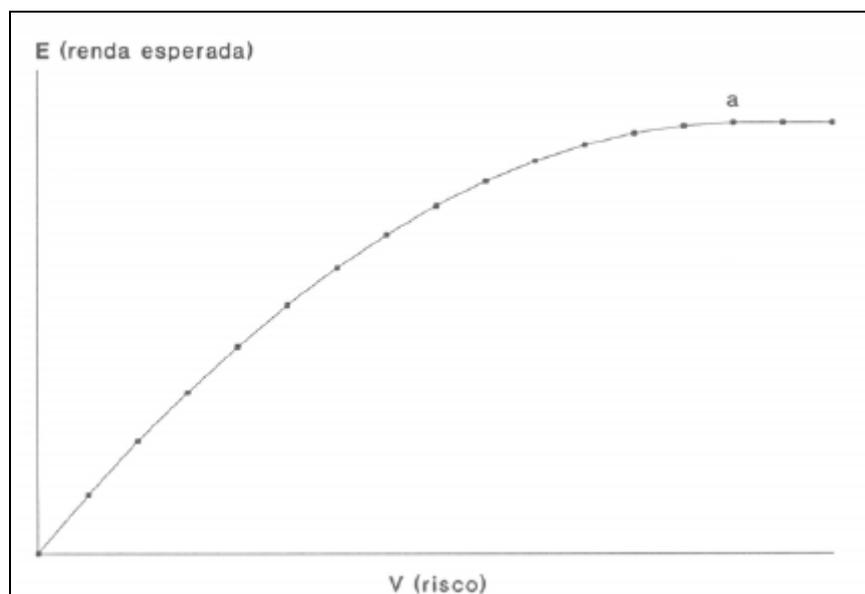


Figura 1 - Representação Gráfica da Fronteira Eficiente

Fonte: Markowitz (1952)

O ponto “a” corresponde ao máximo de renda possível, dado por programação. Esse ponto é aquele em que se situa um tomador de decisão neutro em relação a risco.

Um tomador de decisão se situará mais distante desse ponto “a” e mais próximo à origem quanto mais averso ao risco for, isto é, quanto preferir um nível de renda mais modesto a um nível mais elevado de risco.

Modificações foram propostas ao modelo de programação linear com vistas à incorporação da variável risco por meio de um modelo menos complexo e mais facilmente operacionalizável que a programação quadrática. Uma das modificações foi proposta por Hazell (1971), que introduz risco no modelo determinista convencional de programação linear, pelo uso de uma aproximação linear. Hazell apresenta o modelo MOTAD (minimização do desvio absoluto total) como um substituto para a programação quadrática, que teria como propósito a determinação do grupo de planos possíveis que estabelecessem a relação entre a variância e um nível de renda esperada. O MOTAD é um método comumente utilizado para avaliação do risco e vários trabalhos têm sido publicados no exterior e no Brasil utilizando-se dele.

A fronteira eficiente, gerada pelo MOTAD, pode ser definida como o lugar geométrico dos pontos correspondentes ao mínimo risco necessário para se atingir determinado valor da função lucro, dadas as limitações de recursos das empresas. O tomador de decisão pode, de acordo com a teoria microeconômica da utilidade, selecionar o plano mais eficiente de risco/renda para a empresa entre todos os possíveis planos.

Formalmente este modelo consiste em:

minimizar:

$$\frac{S}{2} = \sum_{i=1}^n Y_i$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_j D_{ij} + Y_i \geq 0$$

$$f^* x = R_0$$

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0 \text{ e } Y_i \geq 0$$

no qual  $n$  é o número de observações de uma amostra de margens brutas;  $S$  é a soma dos desvios absolutos com relação aos valores esperados das margens brutas;  $D_{ij}$  é o desvio em relação à margem bruta esperada da atividade  $j$  no ano  $i$ ;  $Y_i$  é uma variável que mede a soma dos desvios quando ela é negativa;  $R_0$  é o coeficiente de parametrização, crescendo a partir de zero até a solução máxima encontrada na Programação Linear.

### 3 Metodologia

Esta pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, uma vez que foi realizado um estudo profundo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante outros tipos de delineamento. Assim, o estudo de caso foi realizado em uma pequena empresa rural, localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

As informações que serviram de base para a elaboração dos coeficientes técnicos para modelagem dos sistemas de produção em uso foram recolhidas em entrevista com o tomador de decisão, neste caso o proprietário da empresa rural. Esse encontro foi realizado no mês de julho de 2010, considerando-se dados para o ano agrícola 2010/2011. Os dados referentes ao preço dos insumos e preços pagos ao produtor foram obtidos na Cooperativa COTRIBÁ, situada na cidade de Ibirubá/RS.

O estudo centrou-se nas culturas de verão (soja, milho e girassol) que representam mais de 80% da receita anual da empresa. A escolha destas se deve ao fato de que a soja e o milho são *commodities* de alta liquidez e cultivadas há mais de vinte anos pela empresa rural. O girassol, em especial, vem tendo um aumento de demanda nos últimos anos devido ao alto teor de óleo nos grãos, fator que o torna importante fonte para produção de biodiesel, além do consumo humano e animal.

## 4 Modelo proposto

### 4.1 Renda esperada na empresa

O primeiro passo neste estudo consistiu em levantamento dos bens passíveis de depreciação. Em visita à empresa, identificaram-se os bens relacionados na Tabela 1, e a importância da identificação justificou-se pela necessidade de mensuração do custo hora de cada equipamento utilizado na atividade agrícola da empresa.

Tabela 1 – Cálculo do Custo hora máquina ou equipamento

Máquina ou equipamento	Trator Ford 6600	Semeadeira Semeato	Pulverizador Jacto	Distribuidor de ureia	Caminhão Ford
Valor do bem (R\$)	25.000	8.000	4.500	5.000	12.000
20% Residual (R\$)	5.000	1.600	900	1.000	2.400
Valor a ser depreciado (R\$)	20.000	6.400	3.600	4.000	19.600
Vida útil (horas)	10.000	6.000	15.000	1.500	10.000
Combustível (litros/hora)	10	0	0	0	10
Valor dos pneus (R\$)	3.000	400	1.000	500	9.000
Vida útil dos pneus (horas)	5.000	5.000	5.000	2.000	5.000
Depreciação (R\$/horas)	2,00	1,07	0,24	2,67	0,96
Manutenção (R\$/hora)	2,00	1,07	0,24	3,67	0,96
Combustível (R\$/hora)	17,00	-	-	-	17,00
Lubrificante (15% Comb.)	2,55	-	-	-	2,55
Pneus (R\$/hora)	0,60	0,08	0,20	0,25	1,80
<b>CUSTO (R\$/hora)</b>	<b>24,15</b>	<b>2,21</b>	<b>0,68</b>	<b>5,58</b>	<b>23,27</b>

Fonte: Empresa rural

A segunda etapa consistiu na mensuração dos custos totais das culturas de verão (soja, milho e girassol) em cem hectares de área cultivável, relativos à safra 2010/2011. De acordo com os dados da Tabela 2, a cultura que apresenta maior custo de produção é o girassol, seguido do milho e da soja. Em todas as culturas o plantio representa o maior custo, em especial a adubação.

Tabela 2 – Custo total das culturas

	Descrição	Soja		Milho		Girassol	
		R\$	%	R\$	%	R\$	%
1	Dessecação	2.222	4,43	2.222	3,57	2.222	2,98
1.1	Glifosato	1.725	3,44	1.725	2,77	1.725	2,31
1.2	Horas de trator	484	0,97	484	0,78	484	0,65
1.3	Horas de pulverizador	13	0,03	13	0,02	13	0,02
2	Plantio	28.598	57,02	28.393	45,62	43.542	58,31
2.1	Semente tratada	9.080	18,10	6.175	9,92	19.661	26,33
2.2	Alubos	18.200	36,29	20.900	33,58	22.563	30,22
2.3	Horas de trator	1.206	2,40	1.206	1,94	1.206	1,62
2.4	Horas de semeadeira	112	0,22	112	0,18	112	0,15
3	Inseticida	2.677	5,34	1.412	2,27	2043	2,74
3.1	Inseticida	2.182	4,35	917	1,47	1.548	2,07
3.2	Horas de trator	482	0,96	482	0,77	482	0,65
3.3	Horas pulverizador	13	0,03	13	0,02	13	0,02
4	Adubo de cobertura	-	-	8.656	13,91	12.908	17,29
4.1	Uréia	-	-	8.400	13,50	12.652	16,94
4.2	Distribuidor de uréia	-	-	15	0,02	15	0,02
4.3	Horas de trator	-	-	241	0,39	241	0,32
5	Fungicida	3.907	7,79	8.196	13,17	-	-
5.1	Fungicida	3.412	6,80	7.701	12,37	-	-
5.2	Horas de trator	482	0,96	482	0,77	-	-
5.3	Horas pulverizador	13	0,03	13	0,02	-	-
6	Colheita	5.796	11,56	5.796	9,31	5.796	7,76
6.1	Horas caminhão	796	1,59	796	1,28	796	1,07
6.2	Colheita pagamento a terceiros	5.000	9,97	5.000	8,03	5.000	6,70
7	Funrural	2.012	4,01	2.622	4,21	3.220	4,31
8	Mão-de-obra	4.941	9,85	4.941	7,94	4.941	6,62
<b>9</b>	<b>Custo total de produção</b>	<b>50.153</b>	<b>100,00</b>	<b>62.238</b>	<b>100,00</b>	<b>74.672</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Empresa rural

A terceira etapa consistiu na estimativa da produtividade de cada cultura, estimativa realizada conforme a média histórica de produtividade da propriedade nos últimos cinco anos. A Tabela 3 mostra que a cultura com melhor desempenho produtivo é o milho, seguido do girassol e da soja. O girassol é, no entanto, a cultura que apresenta o melhor resultado econômico, pois seu alto custo de produção é compensado pela produtividade e pelo preço de venda.

Tabela 3 – Previsão de colheita, custos e resultado de produção

	Soja	Milho	Girassol
Produção em média (kg/ha)	1.908	5.284	1.774
Produção média em sacos	31,80	88,07	35,48
Valor da saca (R\$)	33,82	15,45	43,21
Receita bruta (R\$/ha)	1.075,48	1.360,69	1.533,09
(-) Custo + despesa produção (R\$/ha)	501,53	622,39	746,72
(=) Renda (R\$/ha)	<b>573,95</b>	<b>738,30</b>	<b>786,37</b>

Fonte: Empresa rural, Cooperativa COTRIBÁ e Tabela 2.

Estas etapas foram necessárias para mensuração da renda esperada de cada uma das culturas de verão. A renda esperada por hectare de cada cultura serviu como subsídio para construção do modelo determinístico e construção da fronteira eficiente.

#### 4.2 Modelo de programação linear

Este estudo consistiu em propor a utilização da programação linear como ferramenta de apoio à decisão a uma empresa agrícola na escolha do portfólio de culturas de verão. Buscou-se, assim, inserir importante restrição aos diferentes portfólios possíveis, pois, conforme entrevista realizada, a empresa rural utiliza o sistema de rotação de culturas, pois certas culturas não podem ser cultivadas ano após ano sobre o mesmo solo. Com a rotação, evita-se a repetição de cultivares na mesma área, o que permite diminuir a ocorrência de doenças. Além disso, essa técnica proporciona condições favoráveis às outras culturas.

Conforme entrevista realizada, o tomador de decisão estipulou em sessenta hectares de soja, cinquenta hectares de milho e trinta hectares de girassol como áreas máximas a serem cultivadas num total de cem hectares destinados às culturas de verão.

Considerando-se essas restrições, foi proposta uma matriz de programação linear para o modelo determinístico que otimiza a renda esperada das culturas de verão frente a um determinado risco (desvio) assumido. A Tabela 4 exemplifica que para um desvio de 72.000 a renda esperada é igual a R\$ 68.261,75 produzindo-se 42,65 hectares de soja, 27,35 hectares de milho e 30 de girassol.

Tabela 4 – Matriz de programação linear para o modelo determinístico

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>	D <sub>9</sub>	D <sub>10</sub>			
Variáveis	<b>42,65</b>	<b>27,35</b>	<b>30,00</b>	4.267	36.588	14.765	0	0	78	16.302	0	0	0			
FO (Max)	573,95	738,30	786,37											<b>68.261,75</b>	RHS	
R <sub>1</sub>	1													42,65	<= 60	
R <sub>2</sub>		1												27,35	<= 50	
R <sub>3</sub>			1											30,00	<= 30	
R <sub>4</sub>	1	1	1											100,00	<= 100	
E <sub>1</sub>	21,94	(93,35)	(88,35)	1											0,00	>= 0
E <sub>2</sub>	(363,79)	(739,79)	(28,03)		1										0,00	>= 0
E <sub>3</sub>	(278,57)	(113,61)	7,45			1									0,00	>= 0
E <sub>4</sub>	199,70	354,92	78,41				1								20.576,14	>= 0
E <sub>5</sub>	374,60	(315,29)	114,25					1							10.784,05	>= 0
E <sub>6</sub>	71,87	(473,82)	327,13						1						0,00	>= 0
E <sub>7</sub>	(503,71)	(207,85)	362,25							1					0,00	>= 0
E <sub>8</sub>	(5,41)	236,91	599,61								1				24.236,18	>= 0
E <sub>9</sub>	427,71	664,05	894,45									1		63.236,03	>= 0	
E <sub>10</sub>	548,23	401,60	779,85										1	57.761,99	>= 0	
<b>Desvio</b>				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	72.000,00	<= <b>72.000</b>	

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 4, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> e X<sub>3</sub> é o número de hectares as serem cultivados de cada cultura (soja, milho e girassol, respectivamente). Os valores multiplicadores de X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> e X<sub>3</sub> (573,95; 738,30; 786,37, respectivamente) são a renda esperada por hectare de cada cultura, conforme valores apurados na Tabela 3. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> é o número máximo de hectares a ser cultivado com cada cultura (soja, milho e girassol, respectivamente). R<sub>4</sub> é a área máxima destinada ao cultivo das culturas de verão. E<sub>1</sub> a E<sub>10</sub> é o vetor de desvios negativos em relação à média do retorno esperado. D<sub>1</sub> a D<sub>10</sub> é a matriz de desvios negativos dos retornos em relação a média.

Os valores do vetor de desvios negativos foram obtidos mediante a série histórica de preços, obtidos na Cooperativa COTRIBÁ, pagos ao produtor por saca de cada cultura no mês de maio de cada ano entre os anos de 2001 e 2010. A escolha desse mês deve-se ao fato de que aí é comercializada a maior parte da produção conforme entrevista. Assim, simulou-se a

renda esperada de cada cultura, dados os custos previstos para a safra 2010/2011, considerando-se a série histórica de preços.

A Tabela 5 demonstra diferentes portfólios que otimizam a renda esperada para diferentes riscos assumidos.

Tabela 5 – Resultado do modelo MOTAD

Desvio	Renda esperada	Soja	Milho	Girassol	Área Total
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.000	6.757,25	0,00	0,00	8,59	8,59
2.000	13.514,50	0,00	0,00	17,19	17,19
4.000	24.268,56	1,18	0,00	30,00	31,18
8.000	27.968,95	7,63	0,00	30,00	37,63
16.000	35.369,71	20,52	0,00	30,00	50,52
32.000	47.115,54	12,41	22,22	30,00	64,62
64.000	64.058,10	36,70	26,28	30,00	92,98
72.000	68.261,75	42,65	27,35	30,00	100,00
128.000	71.985,12	20,00	50,00	30,00	100,00

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme a Tabela 5, observa-se que a renda atinge a maximização de R\$ 71.985,12 com desvio de 128.000, no cultivo de vinte hectares de soja, cinquenta hectares de milho e trinta hectares de girassol. A cultura da soja somente se mostra atrativa com desvio superior a 4.000, enquanto que o milho com desvio superior a 32.000 e o girassol com desvio acima de 1.000. Em relação à área total a ser cultivada, esta somente se mostra atrativa com desvio acima de 64.000.

A partir dos dados da Tabela 5, foi possível a construção da fronteira eficiente, conforme demonstra a Figura 2 a seguir.

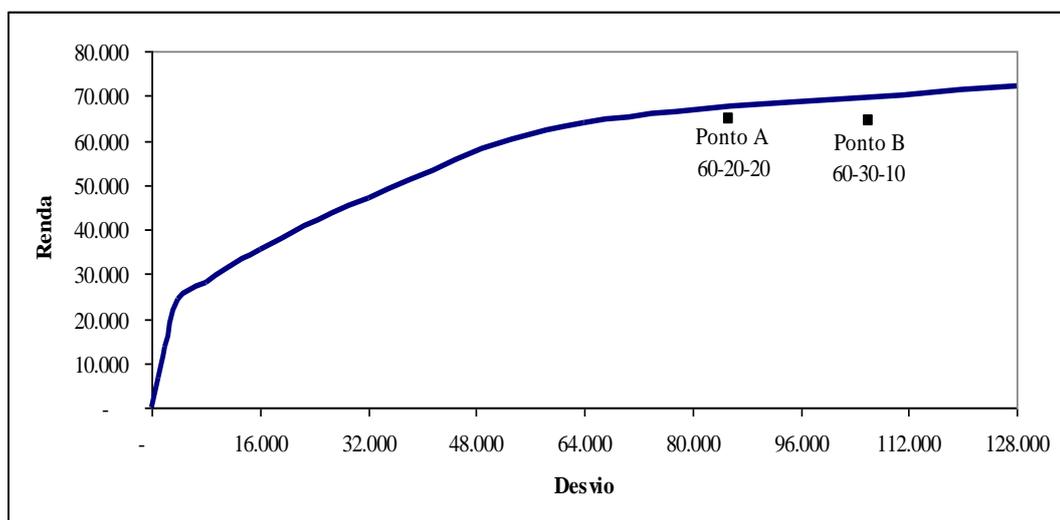


Figura 2 – Fronteira eficiente do modelo MOTAD

Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 2 mostra a fronteira eficiente da renda esperada para diferentes níveis de risco assumido. A fronteira eficiente delimita a renda máxima para certo nível de risco assumido. No intuito de verificar a maximização da renda para desvio assumido pelo tomador

de decisão, foi questionada sua intenção de portfólio de culturas para a safra 2010/2011. Ele manifestou, então, a intenção de cultivar (Ponto A) sessenta hectares de soja, vinte hectares de milho e vinte hectares de girassol ou (Ponto B) sessenta hectares de soja, trinta hectares de milho e dez hectares de girassol.

Verifica-se que nenhuma das intenções de portfólio pretendida pelo tomador de decisão maximiza a renda esperada frente ao risco assumido. No Ponto A, o tomador de decisão obteria renda esperada de R\$ 64.930,21 e, no Ponto B, renda esperada de R\$ 64.449,51. No entanto, caso o tomador de decisão assumira o desvio (85.473,21) do Ponto A, deveria cultivar 23,49 hectares de soja, 46,51 hectares de milho e trinta hectares de girassol o que proporcionaria renda estimada de R\$ 71.410,77, ou seja, acréscimo de R\$ 6.480,56. Caso assumira o desvio (106.183,62) do Ponto B, deveria cultivar vinte hectares de soja, cinquenta de milho e trinta de girassol, o que proporcionaria renda esperada de R\$ 71.985,12, ou seja acréscimo de R\$ 7.535,91 para o mesmo nível de risco assumido.

Os diferentes níveis de risco assumidos também impactam sobre as variáveis. A evolução das culturas e da área total cultivada, segundo o nível de risco, é demonstrada na Figura 3 a seguir.

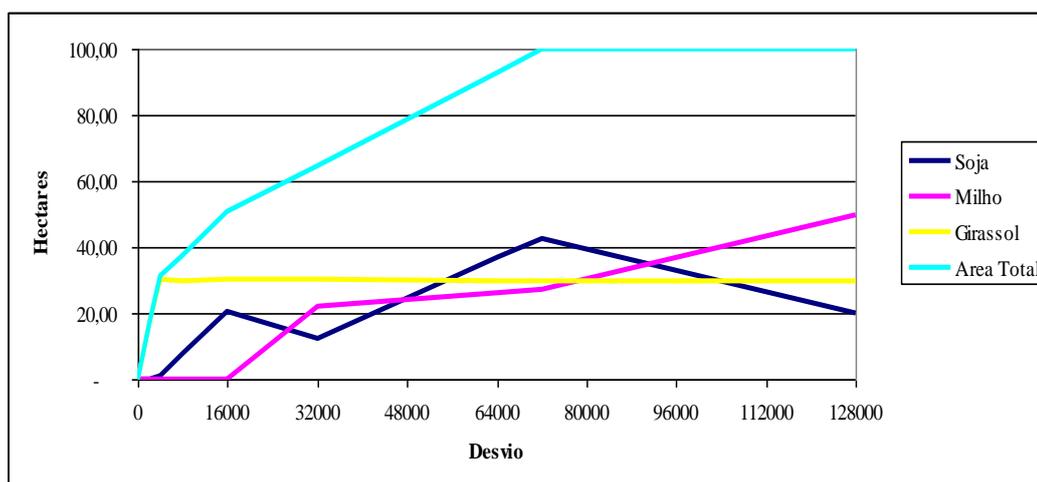


Figura 3 – Evolução das variáveis segundo o nível de risco no modelo MOTAD

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme a Figura 3, percebe-se que, para baixos índices de risco, a cultura do girassol é a mais indicada, seguida pela cultura da soja e do milho. A cultura do girassol cresce linearmente de um desvio igual a zero até um desvio igual a 4.000. Acima desse desvio, ela permanece estável em trinta hectares independentemente do risco assumido, já que esse valor máximo se deve à restrição imposta ao modelo. A cultura da soja se torna recomendada somente para desvio superior a 4.000, e a área a ser plantada com essa cultura oscila conforme o nível de risco assumido. A cultura de milho, por sua vez, não se mostra recomendável para baixos níveis de risco e cresce de forma constante com desvios superiores a 32.000. Em relação à área total a ser cultivada, observa-se que, somente para desvios superiores a 72.000, a área de cem hectares é totalmente cultivada.

## 5 Considerações finais

A proposta deste estudo foi a construção de um modelo para apoio à decisão para escolha do portfólio de culturas de verão em uma pequena empresa agrícola, levando em

consideração o risco e a renda esperada de cada cultura, com utilização de uma abordagem baseada no modelo MOTAD.

Os tópicos conclusivos deste estudo, bem como sugestões, são as seguintes:

↳ Dentre as culturas de verão a que apresentou melhor renda foi o girassol, seguida do milho e da soja.

↳ Embora muitos empresários se considerem avessos ao risco, este estudo constatou que, no caso em pauta, os portfólios pretendidos pelo tomador de decisão não maximizam a renda esperada para o nível de risco pretendido.

↳ As evidências coletadas permitem aceitação do modelo proposto, bem como indicam que o modelo concebido contempla aspectos relevantes na escolha do portfólio de culturas de verão.

↳ O modelo se mostrou operacional e, portanto, aplicável na atividade agrícola. O potencial de aplicação de versões ampliadas e aperfeiçoadas do modelo em questão incluindo outras variáveis como, por exemplo, precipitação pluviométrica, disponibilidade de mão-de-obra e restrições financeiras.

Espera-se que o presente estudo possa contribuir para a tomada de decisão em empresas agrícolas na medida em que objetivou demonstrar a viabilidade da aplicação de um instrumento das Ciências Exatas. Naturalmente, tanto a proposta do estudo em si como o modelo conseqüentemente gerado demandam o envolvimento de pesquisadores de outras disciplinas para melhoria e ampliação das oportunidades de aplicação.

## Referências

ARAÚJO, L. A. **Fronteira de eficiência econômica sob condições de risco: uma análise da convergência econômica entre empresas do sul de Santa Catarina.** 1997. 150 p. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AZEVEDO FILHO, A. J. B. V.; PERES, F. C. Competitividade da cultura da soja em uma empresa da região de Campinas, SP. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J. D.; OLIVEIRA, A. J. et al. **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão.** Brasília: EMBRAPA/DDT, 1984. p. 289-300.

BALVERDE, N. R. M. **Avaliação econômica de sistemas intensivos na pecuária uruguaia em condições de risco: um estudo de caso.** 1997. 83 p. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BITTENCOURT, M. V. L.; SAMPAIO, A. V.; HASEGAWA, M. M. **Tomada de decisão em condições de risco: aplicação para a região norte do Paraná.** In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 36., 1998, Poços de Caldas, MG. Anais... Brasília: SOBER, 1998. p. 987-998.

CREPALDI, Silvo Aparecido. **Contabilidade rural: uma abordagem decisória.** 2ª ed. revista, atualizada e ampliada. São Paulo: Atlas, 1998.

EMANA, Bezabih & STORCK, Harmen. Improvement strategies for farming systems in the Eastern Highlands of Ethiopia. **Agricultural Economics**, Amsterdam, 8(1):57-77, Dec. 1992.

FIGUEIREDO, N. M. S.; BACCHI, M. R. P.; PERES, F. C. Alternativas para a produção agrícola do projeto de assentamento rural Araras 2. In: Encontro Anual da Associação

Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, 17., 1993, Salvador, BA. **Anais...** Florianópolis: ANPAD, 1993. v. 5, p. 109-121.

HANSEN, Don R.; MOWEN, Maryanne. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. São Paulo: Pioneira, 2001.

HAZELL, P. B. R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farmer planning under uncertainty. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 1, p. 53-62, Feb. 1971.

LEITE, Luiz F. F. **Alternativas de produção em propriedades agrícolas do projeto de desenvolvimento rural integrado do Brejo Paraibano**. Dissertação de Mestrado – Lavras, ESAL, 1980. 120p.

MARION, José Carlos. **Contabilidade rural: contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária, imposto de renda pessoa jurídica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARKOWITZ, Harry. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

PERES, A. R. P. **Baixa produtividade do milho como consequência da tomada de decisão sob condições de risco na agricultura**. 1981. 118 p. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade São Paulo, Piracicaba.

SILVA JÚNIOR, R. P. **Combinação da empresa de empreendimentos visando a maximização de renda das atividades agrícolas do pequeno produtor, município de Nova Resende - MG**. Dissertação de Mestrado – Lavras, ESAL, 1983. 94p.