



PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE RISCO EM MODELOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA AGRICULTURA IRRIGADA

JOÃO CARLOS FERREIRA BORGES JÚNIOR¹; CAMILO DE LELIS TEIXEIRA DE ANDRADE²; PAULO AFONSO FERREIRA³; GERALDO COSME DE SOUZA JÚNIOR⁴

¹ Engenheiro Agrícola, D.Sc., Prof. Adjunto, UAG/UFRPE/Garanhuns – PE. E-mail: jcborges@uag.ufrpe.br

² Engenheiro Agrícola, Pesquisador Dr., Embrapa Milho e Sorgo/Sete Lagoas – MG.

³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Titular Dr., DEA/UFV/Viçosa – MG.

⁴ Graduando em Agronomia, UAG/UFRPE/Garanhuns – PE.

Apresentado no
XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
30 de julho a 02 de agosto de 2007 – Bonito – MS

RESUMO: Técnicas de avaliação de riscos inerentes à atividade agrícola devem acompanhar os estudos de planejamento. A análise de risco pode ser desempenhada por meio de simulação de risco, utilizando técnicas como o método de Monte Carlo. Objetivou-se neste trabalho desenvolver um programa computacional para aplicação de simulações de risco em modelos de programação linear para agricultura irrigada e testar os resultados com base em comparações com o programa @RISK. O programa desenvolvido foi denominado P-RISCO, sendo aplicável, em nível de fazenda, a modelos de programação linear plurianuais construídos em planilhas eletrônicas e que visam a otimização do retorno financeiro e uso da água. As reduzidas diferenças percentuais entre os resultados obtidos com os programas P-RISCO e @RISK, especialmente relativas aos percentis das distribuições de probabilidade das variáveis de saída avaliadas, e os resultados da análise de cenário indicaram a equivalência entre os dois programas na aplicação da análise de risco com base em simulações para o modelo de programação linear considerado.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação e drenagem, análise de risco, análise financeira

COMPUTER PROGRAM FOR RISK SIMULATING IN LINEAR PROGRAMMING MODELS FOR IRRIGATED AGRICULTURE

ABSTRACT: Evaluation techniques of risks inherent to the agricultural activity should accompany planning studies. The risk analysis may be carried out by risk simulation, using techniques as the Monte Carlo method. In this work, it was aimed to develop a program for applying risk simulation in linear programming models for irrigated agriculture and to test the results on base on comparisons with the program @RISK. The developed program was denominated P-RISCO, being applicable at farm level to multi-year linear programming models built in spreadsheet that seek to optimize the financial return and water use. The reduced percentile differences among the results obtained from the programs P-RISCO and @RISK, especially related to the percentiles of the probability distributions of the evaluated output variables, and the results of the scenario analysis pointed out the equivalence of the two programs in the applications of the risk analysis on base on simulation for the considered linear programming model.

KEYWORDS: irrigation and drainage, risk analysis, financial analysis

INTRODUÇÃO: Incertezas relativas a preços de produtos agrícolas, custos, produtividades, fatores climáticos, requerimento de insumos, dentre outros fatores, devem ser consideradas no planejamento de empreendimentos agrícolas, o que pode ser feito por meio da análise de risco. Dentre as técnicas empregadas em análise de risco, destacam-se a análise de sensibilidade e simulações de risco (BORGES JÚNIOR, 2004; FRIZZONE & SILVEIRA, 1996; HARDAKER et al., 2004), as quais são complementares. Na análise de sensibilidade, o enfoque é dado sobre variáveis e parâmetros de entrada, ou seja, verifica-se o impacto de variações em cada variável ou parâmetro de entrada, isoladamente, sobre uma determinada variável de saída. Diferentemente, quando se aplica simulação de risco, o enfoque é dado sobre a variável de saída, buscando-se gerar, com base nas distribuições de



probabilidades das variáveis e parâmetros de entrada e em correlações entre essas variáveis e parâmetros, a função de probabilidade acumulada para a variável de saída. Em simulação de risco, utilizam-se técnicas de amostragem, como Monte Carlo, Hipercubo Latino ou Amostragem Descritiva (BORGES JÚNIOR et al., 2003; PALISADE CORPORATION, 2002; SALIBY, 1997). Ao contrário do que ocorre para análise de sensibilidade, programas computacionais para execução de simulações de risco não são disponibilizados, como acessórios gratuitos, junto a planilhas eletrônicas. Objetivou-se neste trabalho desenvolver um programa computacional para aplicação de simulações de risco em modelos de programação linear para agricultura irrigada e testar os resultados com base em comparações com o programa @RISK (PALISADE CORPORATION, 2002).

MATERIAL E MÉTODOS: Foi desenvolvido um programa computacional em Delphi (Borland Corporation), denominado P-RISCO, o qual opera em modelos de programação linear plurianuais, em nível de fazenda, construídos em planilhas eletrônicas e que visam a determinação de padrões de cultivo que propiciem a otimização do retorno financeiro e uso da água em agricultura irrigada (BORGES JÚNIOR, 2004). As variáveis de entrada requerimento mensal de irrigação por cultivo, produtividade de culturas, preços dos produtos, custos variáveis e taxa de desconto anual, todas ou aquelas definidas pelo usuário, são consideradas estocásticas. Com base em simulações pelo método de Monte Carlo, são obtidas informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis de saída valor presente líquido total e requerimentos totais de irrigação, mensais e anuais. Estas informações são empregadas em avaliações de riscos aos quais os padrões de cultivos estarão sujeitos, em termos de viabilidade financeira e escassez de água, em situações em que os recursos hídricos para irrigação são limitados. Para requerimento mensal de irrigação, o P-RISCO opera com função densidade de probabilidade (FDP) com distribuição normal padrão e truncamento nos extremos, em níveis de probabilidade a serem definidos pelo usuário (o padrão do programa é 5% e 95%). Para as demais variáveis de entrada, pode-se trabalhar com FDP's tendo as seguintes distribuições: normal, normal truncada, triangular e uniforme. Considera-se que os requerimentos mensais de irrigação têm coeficiente de correlação igual a um. Isto é implementado obtendo-se, em cada mês, a partir do procedimento inerente ao método de Monte Carlo, um valor para a variável normal padrão e, então, por transformação de variáveis normais, calculando-se os valores para requerimentos mensais de irrigação a partir desse valor da variável padrão, da média e do desvio padrão do requerimento mensal de irrigação. Abaixo é esquematizado o procedimento implementado no P-RISCO, considerando estocásticas as variáveis de entrada requerimento mensal de irrigação, produtividade, preços dos produtos, custos variáveis e taxa de desconto anual:

Início

Repita ni vezes

Início

- Obtenha, $\forall j, y$ e m , a partir do método de Monte Carlo, um conjunto de realizações para w_{jym} , Y_j , P_j , C_j e TD;
- Calcule e armazene, $\forall j, y$ e m , realizações das variáveis de saída U, RMI e RAI, ou seja:
$$U_r = U(w_{r_{jym}}, Y_{r_j}, P_{r_j}, C_{r_j}, TDr)$$
$$RMI_{r_{ym}} = RMI_{my}(w_{r_{jym}}, Y_{r_j})$$
$$RAI_{r_y} = RAI_y(w_{r_{jym}}, Y_{r_j})$$

Fim

Calcule estatísticas da distribuição das ni saídas de U, RMI e RAI

Fim

em que:

ni = número de iterações;

j, y e m = números inteiros representando, respectivamente, atividade, ano e mês;

w_{jym} = requerimento mensal de irrigação para a atividade j, no ano y e mês m, $m^3 ha^{-1}$;

Y_j = produtividade da j-ésima atividade ($kg ha^{-1}$);

P_j = valor presente do preço recebido por um produto para a j-ésima atividade ($\$ kg^{-1}$);

C_j = valor presente dos custos, por unidade de área, para a j-ésima atividade ($\$ ha^{-1}$);

TD = taxa de desconto anual (%);
U = valor presente líquido total (\$);
RMI = requerimento total mensal de irrigação ($m^3 ha^{-1}$);
RAI = requerimento total anual de irrigação ($m^3 ha^{-1}$);
 Y_j = valor realizado para Y_j ($kg ha^{-1}$);
 P_j = valor realizado para P_j ($\$ ha^{-1}$);
 Cs_{ij} = valor realizado para Cs_{ij} ($\$ ha^{-1}$);
TDr = valor realizado para TD (%);
 U_r = valor realizado para U (\$);
 $RMI_{r_{ym}}$ = valor realizado para RMI para o ano y e mês m ($m^3 ha^{-1}$); e
 RAI_y = valor realizado para RAI para o ano y, $m^3 ha^{-1}$.

Como resultados, serão reportados a média, desvio padrão, valores máximos e mínimos, bem como percentis, para a distribuição acumulada de cada variável de saída. Outro procedimento relativo à simulação de risco, implementado no P-RISCO, é a análise de cenário, que identifica combinações de variáveis de entrada que levam a determinados valores da variável de saída valor presente líquido total, visando obter respostas para questões como quais variáveis de entrada contribuem para um valor presente líquido total menor que zero ou quais são significativas para que o valor presente líquido total seja superior ao valor equivalente a um percentil específico (BORGES JÚNIOR, 2004; PALISADE CORPORATION, 2002). Visando verificar o desempenho do programa P-RISCO na execução da análise de risco, resultados da aplicação a um modelo de programação linear descrito por BORGES JÚNIOR (2004), gerados por este programa, foram comparados àqueles obtidos com o programa @RISK versão 4.0 (PALISADE CORPORATION, 2002). As variáveis de saída, para as quais foi executado o teste comparativo, foram o valor presente líquido total e o requerimento de irrigação para o mês de abril no primeiro ano (o modelo de programação linear tem horizonte de planejamento de quatro anos). Resultados da análise de cenário obtidos com os dois programas também foram comparados. Foram consideradas, como variáveis estocásticas, a taxa de desconto anual, requerimento de irrigação, produtividade de culturas e preço dos produtos, conforme Tabela 1.

TABELA 1. Variáveis consideradas estocásticas na análise de risco, com respectivas distribuições de probabilidade e os parâmetros das distribuições - valor mínimo (min), valor máximo (max), moda (mo) e desvio padrão (DP).

Variável	Simbologia	Distribuição	Parâmetros
Taxa de desconto anual	TD	Triangular	min = 9%; mo = 12%; max = 20%
Requerimento de irrigação	w_{jym}	Normal padrão Truncada	min = $z_{5\%} = -1,64485$; max = $z_{95\%} = 1,64485$
Produtividade	Y_j	Normal truncada	min = $0,85Y_j$; max = $1,1Y_j$; DP = $0,05Y_j$; média = Y_j
Preço	P_j	Triangular	min = $0,3P_j$; moda = P_j ; max = $1,2P_j$

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A comparação dos resultados de simulações obtidos com os programas P-RISCO e @RISK é apresentada nas tabelas 2 e 3. Na Tabela 2, observa-se que, com exceção dos valores extremos (mínimo e máximo), as diferenças percentuais, em módulo, obtidas para a variável de saída valor presente líquido total, foram inferiores a 0,6%. Por se tratar de resultados de simulações utilizando o método de Monte Carlo, não se espera que os resultados sejam iguais. As maiores diferenças nos extremos são também esperadas, visto que o processo de amostragem no método de Monte Carlo é totalmente aleatório, possibilitando que eventuais discrepâncias ocorram, inclusive em resultados obtidos com um mesmo programa em duas avaliações diferentes. Para requerimento de irrigação no mês de abril no ano 1, conforme se observa na Tabela 2, as diferenças percentuais nos percentis variaram de -0,421 a 0,388%. Para o desvio padrão foi igual a de 1,457%. Em relação à análise de cenário, ambos os programas indicaram as mesmas variáveis de entrada como significativas para os subintervalos de U considerados. As diferenças percentuais nos percentis variaram de -1,48 a 0,93%, enquanto nos valores variaram de -1,89 a 0,17%. Essas diferenças eram esperadas por tratar-se de resultados obtidos de simulações com base em amostragem aleatória.

TABELA 2. Comparação dos resultados obtidos com os programas P-RISCO e @RISK, para as variáveis de saída valor presente líquido total (U) e requerimento de irrigação para o ano 1 (TIRano1).

	U (R\$)			TIRAbr1 (m ³)		
	P-RISCO	@RISK	Diferença (%)	P-RISCO	@RISK	Diferença (%)
Mínimo	63.281,88	69.162,82	-8,503	11.529,40	11.594,43	-0,561
Máximo	348.339,99	361.038,40	-3,517	18.469,00	18.405,70	0,344
Média	215.033,52	215.287,30	-0,118	15.007,77	14.988,16	0,131
Desvio padrão	37.463,55	37.320,70	0,383	1.655,74	1.631,96	1,457
Percentil						
5%	152.005,52	152.008,90	-0,002	12.269,40	12.321,33	-0,421
15%	176.454,80	176.615,60	-0,091	13.096,70	13.136,37	-0,302
25%	190.147,91	190.389,60	-0,127	13.771,20	13.740,19	0,226
50%	215.123,30	216.318,90	-0,553	15.012,60	14.974,27	0,256
75%	240.895,10	240.559,70	0,139	16.250,30	16.223,98	0,162
85%	253.353,64	253.934,50	-0,229	16.874,80	16.869,09	0,034
95%	275.243,62	274.682,40	0,204	17.748,40	17.679,78	0,388

TABELA 3. Resultados da análise de cenário obtidos com os programas P-RISCO e @RISK.

Subintervalo de U	Variável de entrada	P-RISCO		@RISK	
		Percentil (%)	Valor (R\$)	Percentil (%)	Valor (R\$)
U < U _{25%}	Preço-Maracujá-Ano2	27,45	355,43	26,70	354,82
	Preço-Maracujá-Ano4	29,14	364,22	30,62	371,12
U > U _{90%}	Preço-Maracujá-Ano2	76,18	492,78	75,25	493,62
	Preço-Maracujá-Ano4	73,55	490,99	73,65	491,78

CONCLUSÕES: As reduzidas diferenças percentuais entre os resultados obtidos com os programas P-RISCO e @RISK, especialmente relativas aos percentis das distribuições de probabilidade das variáveis de saída avaliadas, e os resultados da análise de cenário indicaram a equivalência entre os dois programas na aplicação da análise de risco com base em simulações para o modelo de programação linear considerado.

REFERÊNCIAS

- BORGES JÚNIOR, J.C.F. **Modelo computacional para tomada de decisão em agricultura irrigada**. 2004. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- BORGES JÚNIOR, J.C.F.; HEDDEN-DUNKHORST, B.; FERREIRA, P.A. Decision support based on bio-economic simulations for irrigated agriculture. In: DEUTSCHER TROPENTAG – CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT. Göttingen, out. 2003. Disponível em: <http://www.tropentag.de/2003/abstracts/full/224.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2007.
- FRIZZONE, J.A., SILVEIRA, S.F.R. **Análise de viabilidade econômica de projetos hidroagrícolas**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996, 89 p.
- HARDAKER, J.B., HUIRNE, R.B.M., ANDERSON, J.R., LIEN, G. **Coping with risk in agriculture**. 2. ed. London: CABI Publishing, London, 2004. 352 p.
- PALISADE CORPORATION. **@Risk advanced risk analysis for spreadsheets**. Newfield: Palisade Corporation. 2002. 499 p.
- SALIBY, E. Descriptive sampling: an improvement over Latin Hypercube sampling. In: ANDRADÓTTIR, S.; HEALY, K. J.; WITHERS, D. H.; NELSON, B.L. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**. Atlanta: WSC, 1997. p.230-3.