

# PLANEJAMENTO DE PADRÃO DE CULTIVO EM AGRICULTURA IRRIGADA. PARTE 2: ANÁLISE DE RISCO<sup>1</sup>

CAMILO L. T. DE ANDRADE <sup>2</sup>, JOÃO C. F. BORGES JÚNIOR <sup>3</sup>, PAULO A. FERREIRA <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Apoio financeiro: CNPq.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Pesquisador Doutor, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG, Fone: (0XX31) 3779.1235, camilo@cnpms.embrapa.br.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE, Garanhuns - PE.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG.

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

**RESUMO:** Técnicas que permitam avaliar os riscos procedentes de incertezas 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. Na agricultura irrigada, as incertezas quanto ao requerimento de irrigação são particularmente importantes. Objetivou-se, nesta Parte 2 do trabalho, aplicar análise de risco associada ao modelo de programação linear descrito na Parte 1 do mesmo. Na análise de risco observou-se que todos os valores resultantes das simulações, para a variável de saída valor presente líquido total, U, foram positivos. Contudo, a média foi consideravelmente inferior ao valor máximo de U obtido no modelo de programação linear. Constatou-se, também, que o empreendimento estará frente a expressivo risco de escassez de água no mês de abril, se o padrão de cultivo relativo ao valor máximo de U for adotado. Por outro lado, padrões de cultivo obtidos com a minimização do requerimento de irrigação nos meses de abril dos quatro anos não estão sujeitos a esse risco. A análise de cenário indicou que o preço de venda para a cultura do maracujá exerce expressiva influência sobre o desempenho financeiro do empreendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** simulação de risco, método de monte carlo, requerimento de irrigação.

## PLANNING OF CROPPING PATTERN IN IRRIGATED AGRICULTURE. PART2: RISK ANALYSIS

**ABSTRACT:** Techniques that allow evaluating the risks coming from inherent uncertainties to the agricultural activity should accompany the planning studies. Risk analysis can be carried out through risk simulation, using techniques as the Monte Carlo Method. In the irrigated agriculture, the uncertainties with relationship to the irrigation requirement are particularly important. In this Part 2 of the work, it was aimed to apply risk analysis associated to the linear programming model described in the Part 1. In the risk analysis it was observed that all the resulting values from the simulations, for the output variable total net present value (U), were positive. However, the average was considerably inferior to the maximum value of U obtained in the linear programming model. It was verified, also, that the enterprise will be front to expressive risk of shortage of water in April, if the cropping pattern relative to the maximum value of U be adopted. On the other hand, cropping patterns obtained from the minimization of the irrigation requirement in the months of April in the four years are not subject to that risk. The scenario analysis indicated that the sale price for the passion fruit crop exercises expressive influence on the financial performance of the enterprise.

**KEYWORDS:** risk simulation, monte carlo method, irrigation requirement.

**INTRODUÇÃO:** A incerteza relativa a diversos fatores é inerente à atividade agrícola. A instabilidade quanto ao retorno financeiro é consequência da variabilidade nos preços de produtos

agrícolas, custos, produtividades, fatores climáticos, dentre outros. Técnicas que permitam avaliar os riscos procedentes dessas incertezas devem acompanhar os estudos de planejamento. A análise de risco pode ser realizada utilizando-se as técnicas de análise de sensibilidade e simulações de risco (FRIZZONE & SILVEIRA, 1996). A simulação de risco envolve a variação simultânea das variáveis aleatórias de entrada em um modelo, sendo observada a distribuição de probabilidade das variáveis de saída, utilizando-se técnicas de amostragem, tais como Monte Carlo, Hipercubo Latino ou Amostragem Descritiva (SALIBY, 1997; BORGES JÚNIOR et al., 2003; HARDAKER et al. 2004). O método de Monte Carlo é um tipo especial de simulação utilizada em modelos envolvendo eventos probabilísticos. Na agricultura irrigada, as incertezas quanto ao requerimento de irrigação, oriundas principalmente da variabilidade da quantidade de chuvas e da demanda de evapotranspiração, são particularmente importantes. Essas incertezas devem ser consideradas, quando se analisa a disponibilidade de água para suprir as demandas de irrigação para padrões de cultivo específicos. Objetivou-se, nesta Parte 2 do trabalho, aplicar análise de risco associada ao modelo de programação linear descrito na Parte 1 do mesmo, relativo à otimização do retorno financeiro e uso da água em nível de propriedade rural, para um horizonte de planejamento de quatro anos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A análise de risco foi associada ao modelo de programação linear descrito na Parte 1 do trabalho, tendo sido executada por meio do programa P-RISCO (BORGES JÚNIOR, 2004), desenvolvido em Delphi (Borland Coporation Software). Foram consideradas, como variáveis estocásticas, a taxa de desconto anual, o requerimento de irrigação, a produtividade e o 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	Normal truncada	min = 0,85Y; max = 1,1Y; DP = 0,05Y
Preço	P	Triangular	min = 0,3P; mo = P; max = 1,2P

Como variáveis de saída, considerou-se o valor presente líquido total, U, o requerimento anual de irrigação e o requerimento de irrigação no mês de abril. Escolheu-se o mês de abril por este ter sido indicado como crítico no que se refere à disponibilidade de água para irrigação, conforme resultados obtidos com o modelo de programação linear. As simulações envolveram 10.000 iterações. A análise de risco compreendeu, também, a análise de cenário, com base nos resultados das simulações. A análise de cenário identifica combinações de variáveis de entrada, que levam a determinados valores das variáveis de saída (BORGES JÚNIOR, 2004). No P-RISCO essa análise é conduzida para a variável de saída valor presente líquido total, permitindo obter respostas para questões como: quais variáveis contribuiriam para que U fosse menor que zero ou quais variáveis de entrada são significativas para que U seja superior ao valor equivalente ao percentil de 80%. Conduziu-se a análise de cenário a fim de definir quais variáveis de entrada são determinantes para a variável de saída valor presente líquido total, em dois subintervalos: valor presente líquido total inferior ao correspondente ao nível de 25% de probabilidade e superior ao correspondente ao nível de 90% de probabilidade, ou seja,  $U < U_{25\%}$  e  $U > U_{90\%}$ .

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 2 são apresentados resultados das simulações feitas para algumas das variáveis de saída consideradas, obtidos com o programa P-RISCO. Na Tabela 2 observa-se que todos os valores resultantes das simulações para a variável de saída valor presente líquido total,

U, foram positivos. Contudo, a média de R\$ 215.033,00 foi, consideravelmente, inferior ao valor máximo de U obtido no modelo de programação linear, igual a R\$ 372.723,00 (Parte 1 do trabalho). Isto se deve, principalmente, à distribuição de probabilidade acentuadamente assimétrica para o preço, conforme indicado na Tabela 1, observando-se que os valores de preço considerados no modelo de programação linear são dados como a moda e não como média, na distribuição de probabilidade para preço. Correspondente ao nível de 10% de probabilidade, obteve-se U igual a R\$ 166.193,13, ou seja, indicando uma probabilidade de 90% em se obter U maior ou igual a este valor. Foi obtido um desvio padrão de R\$ 37.463,55. Também na Tabela 2, vê-se que, para o requerimento mensal de irrigação no mês de abril, em todos os anos, foram obtidos valores superiores à restrição no modelo de programação linear, igual a 15.000 m<sup>3</sup>, em níveis de probabilidade superiores a 50%. Estes resultados eram esperados, considerando-se que esta restrição foi crítica no modelo de programação linear. Com isso, caso seja implantado o padrão de cultivo determinado no modelo de programação linear relativo ao máximo valor presente líquido total (Parte 1 do trabalho), o empreendimento estará frente a expressivo risco de escassez de água, o que comprometeria o desempenho financeiro. Pode-se, então, aplicar o modelo de programação linear para minimização do requerimento de irrigação a diferentes valores presentes líquidos totais (veja Figura 1 na Parte 1 do trabalho), variando apenas os níveis das atividades que afetam o requerimento de irrigação no mês de abril, em procedimento similar ao descrito por BORGES JÚNIOR et al. (2003). Na Figura 1 são apresentadas distribuições de probabilidade acumulada para o requerimento de irrigação no mês de abril do ano 1, para dois padrões de cultivo: Abril-1A, relativo ao máximo valor presente líquido total (R\$ 372.732,00), e Abril-1B - relativo ao padrão de cultivo obtido com a minimização do requerimento de irrigação nos meses de abril nos quatro anos considerados, fixando o valor presente líquido em R\$ 370.000,00 (0,7% inferior ao valor máximo). No segundo caso, observa-se a não ocorrência de risco de o requerimento de irrigação no mês de abril do ano 1 exceder a restrição de 15.000 m<sup>3</sup>. A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de cenário, obtidos por meio do programa P-RISCO. Na Tabela 3, observa-se que, tanto para o intervalo de  $U < U_{25\%}$  quanto para o intervalo  $U > U_{90\%}$ , as variáveis de entrada críticas foram o preço de venda, para a cultura do maracujá, constante na solução ótima do modelo de programação linear, no primeiro e no segundo cultivo, nos anos 2 e 4, respectivamente. Este resultado indica que o preço de venda, para a cultura do maracujá, exerce expressiva influência sobre o desempenho financeiro do empreendimento.

Tabela 2. Resultados das simulações relativos às variáveis de saída valor presente líquido total (U), requerimento anual de irrigação para o primeiro ano (TIRY1) e requerimento mensal de irrigação em abril (TIRApr, mais o número do ano). São apresentados os valores máximos e mínimos, a média, o desvio padrão (DP) e os valores das variáveis de saída correspondentes a diferentes níveis de probabilidade

	U (R\$)	TIRY1 (m <sup>3</sup> )	TIRApr1 (m <sup>3</sup> )	TIRApr2 (m <sup>3</sup> )	TIRApr3 (m <sup>3</sup> )	TIRApr4 (m <sup>3</sup> )
Min	63.281,88	116.540	11.529	12.667	12.132	12.666
Max	348.339,99	147.663	18.469	17.334	17.871	17.336
Média	215.033,52	132.071	15.008	15.015	14.990	15.013
DP	37.463,55	4.234	1.656	1.110	1.381	1.115
10%	166.193,13	126.644	12.745	13.502	13.112	13.477
25%	190.147,91	129.212	13.771	14.181	13.948	14.175
50%	215.123,30	132.079	15.013	15.014	14.990	15.017
75%	240.895,10	134.935	16.250	15.858	16.043	15.847
90%	262.912,57	137.512	17.263	16.539	16.874	16.567
100%	348.339,99	147.663	18.469	17.334	17.871	17.336

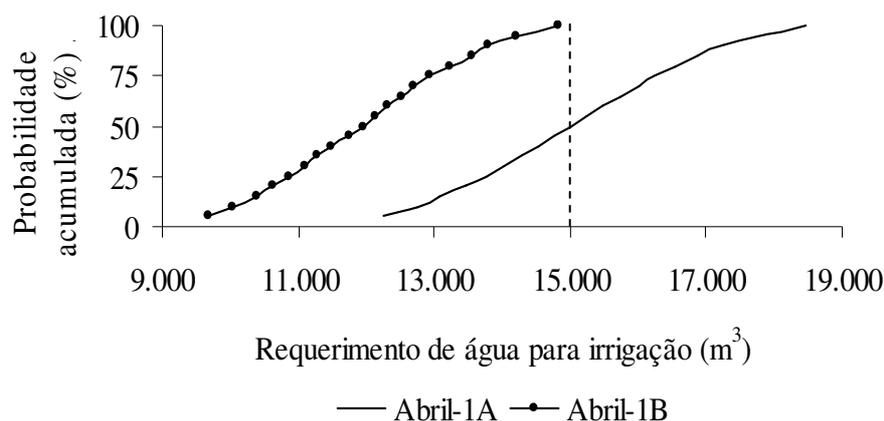


Figura 1. Distribuições de probabilidade acumulada para o requerimento de irrigação no mês de abril do ano 1, para dois padrões de cultivo: Abril-1A, relativo ao máximo valor presente líquido total ( $U = R\$ 372.723$ ), e Abril-1B, relativo ao padrão de cultivo obtido da minimização do requerimento de irrigação nos meses de abril nos quatro anos considerados, com  $U = R\$ 370.000$ .

Tabela 3. Resultados da análise de cenário obtidos com o programa P-RISCO para o valor presente líquido total ( $U$ ), em dois subintervalos, mostrando o nome da variável de entrada, o nível de probabilidade equivalente da variável de entrada (Percentil, %), o valor da variável de entrada e a relação do módulo da diferença das medianas e desvio padrão (DM/DP)

Subintervalo de $U$	Nome	Percentil	Valor	(DM/DP)
$U < U_{25\%}$	Preço - Maracujá - Ano 2	27,45	355,43	0,7509
	Preço - Maracujá - Ano 4	29,14	364,22	0,6993
$U > U_{90\%}$	Preço - Maracujá - Ano 2	76,18	492,78	0,6806
	Preço - Maracujá - Ano 4	73,55	490,99	0,6084

**CONCLUSÕES:** Na análise de risco observou-se que todos os valores realizados foram positivos para o valor presente líquido total ( $U$ ). Contudo, a média foi consideravelmente inferior ao valor máximo de  $U$  obtido no modelo de programação linear. Constatou-se, também, que o empreendimento estará frente a expressivo risco de escassez de água no mês de abril. Padrões de cultivo obtidos com a minimização do requerimento de irrigação nos meses de abril dos quatro anos não estão sujeitos a esse risco. A análise de cenário indicou que o preço de venda, para a cultura do maracujá exerce expressiva influência sobre o desempenho financeiro do empreendimento.

## REFERÊNCIAS:

BORGES JÚNIOR, J.C.F.; HEDDEN-DUNKHORST, B.; FERREIRA, P.A. Decision support based on bio-economic simulations for irrigated agriculture. **Deutscher Tropentag - Technological and institutional innovations for sustainable rural development**. <http://www.tropentag.de/2003/abstracts/full/224.pdf>. 2003.

BORGES JÚNIOR, J.C.F. **Modelo computacional para tomada de decisão em agricultura irrigada**. Viçosa: UFV, 2004. 226p. Tese Doutorado.

FRIZZONE, J.A., SILVEIRA, S.F.R. **Análise de viabilidade econômica de projetos hidroagrícolas**. Brasília: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996, 88p.

HARDAKER, J.B., HUIRNE, R.B.M., ANDERSON, J.R., LIEN, G. **Coping with risk in agriculture**, Cab International, London, United Kingdom, 2004. 352p.

SALIBY, E. Descriptive sampling: an improvement over latin hypercube sampling. In. (ed.): Andradóttir, S.; Healy, K. J.; Withers, D. H.; Nelson, B. L. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, 1997. p.230-233.