

# OTIMIZAÇÃO DO PADRÃO DE CULTIVO EM ÁREAS IRRIGADAS EM FUNÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL

José DANTAS NETO<sup>1</sup>, Carlos Alberto Vieira de AZEVEDO<sup>1</sup>, José Arimatéia de MATOS<sup>2</sup>, José Antônio FRIZZONE<sup>3</sup>

**RESUMO:** Utilizando-se dois modelos de programação linear, baseados na função de resposta das culturas à água, estudou-se o efeito de cinco condições de disponibilidade de água na otimização de áreas irrigadas. Estudou-se um modelo com lâminas de água fixas e outro com lâminas alternativas. Determinou-se o plano ótimo de cultivo a ser recomendado para o Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE. Verifica-se que, em ambos os modelos, os retornos financeiros aumentam à medida que cresce a disponibilidade de água, porém o incremento de renda diminui. A área total cultivada cresce com a maior disponibilidade de água, independente do modelo estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação, Otimização, Funções de Resposta

**ABSTRACT:** Using two linear programming models, based on the crop production response to water availability, it was verified the effect of five water availability conditions upon the irrigated areas optimization. It was studied a model with fixed water depth and another with alternative depths. It was determined the optimal crop tillage planning to be recommended for the Nilo Coelho Irrigation Project, in Petrolina-PE. For both models, it was verified that the financial returns increase as the water availability increases, but the increment in the income decrease. Independent on the model, the total area cultivated increase with a higher water availability.

**KEYWORDS:** Irrigation, Optimization, crop production Functions

**INTRODUÇÃO:** Em áreas irrigadas, onde várias culturas em diferentes regimes de irrigação estão competindo por uma limitada quantidade de água, a programação linear é um excelente instrumento para uma alocação ótima desses recursos. A utilização desta técnica de programação matemática tem demonstrado ainda que a incorporação da função de resposta das culturas à água, em planejamento da empresa agrícola irrigada, tende a aumentar os ganhos quando comparado a situações onde não existe flexibilidade na aplicação da lâmina de irrigação. Para Frizzone (1991), em programação separável, ao aproximar uma função não linear por um conjunto de segmentos de reta, não se fica restrito a funções do segundo grau, como em programação quadrática, nem se está limitado às restrições lineares. Allen (1986), desenvolveu um modelo matemático que fornece subsídios para manejo e planejamento de projetos de irrigação do ponto de vista

---

<sup>1</sup> Dr. em Irrigação e Drenagem, DEAG/CCT/UFPB, Avenida Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande - PB, Fone (083) 310-1318, Fax (083) 310-1011, E-mail cazevedo@deag.ufpb.br.

<sup>2</sup> M.Sc. em Engenharia Agrícola, DEAG/CCT/UFPB, Avenida Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande - PB, Fone (083) 310-1318, Fax (083) 310-1011.

<sup>3</sup> Dr. em Irrigação e Drenagem, Dep. de Eng. Rural, ESALQ-USP, Piracicaba -SP.

da maximização dos lucros. Resultados de regressão indicam que todas as relações físicas e custos podem ser aproximados por segmentos lineares desde que o comprimento destes permaneçam curtos. Os modelos resultantes parecem ser aplicáveis e realistas para análise de sensibilidade dos sistemas. No presente estudo, partindo-se de 5 volumes de água disponíveis, desenvolveu-se e comparou-se dois sistemas de equações matemáticas: a) lâminas alternativas e b) lâminas fixas. Ambos foram baseados na função de resposta das culturas à água, adaptado-os a modelos de programação linear

**MATERIAL E MÉTODOS:** Neste trabalho foram consideradas nove culturas tradicionalmente cultivadas pelos colonos do Projeto Senador Nilo Coelho, Petrolina-Pe, as quais são: feijão phaseolus(1 e 2, plantio em maio e em setembro) feijão vigna, melancia(1 e 2, plantio em fevereiro e em outubro) milho(1 e 2, plantio em maio e em dezembro) melão, pimentão, tomate, cebola e banana. Estas culturas, no ano de 1992, ocuparam 90% da área de colonização do projeto. Os índices técnicos utilizados nos modelos foram extraídos de Dantas Neto (1994). Os cinco níveis de volumes de água disponíveis foram 3.99.673; 5.331.564; 6.664.445; 7.997.346 e 9.330.237 mm.ha, correspondentes a 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 e 1,4 vezes a água fornecida aos colonos durante o ano de 1992. O instrumento analítico para solucionar o problema proposto foi a programação matemática, através de dois modelos: a) modelo com lâminas de água fixas, o qual é uma formulação padrão de programação linear, e b) modelo com lâminas de água alternativas, que consiste em um modelo de programação separável, cuja função objetivo é separável em um somatório de funções convexas de variáveis individuais. Utilizou-se o software desenvolvido pela Eastern Software Product, Inc., de nome Linear Programming-88 (LP-88), o qual tem como propósito geral resolver sistemas de equações lineares, utilizando para isto o algoritmo iterativo "método simplex revisado". Determinou-se o padrão ótimo de cultivo, de forma a maximizar o lucro do projeto, decorrente das várias culturas. As restrições explicitadas no modelo são quanto à disponibilidade de água, terra e mercado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A solução obtida pela otimização para o modelo de programação separável, lâminas alternativas (LA) e para modelo de programação linear, lâminas fixas (LF) é apresentada na Tabelas 1. Observa-se que as mesmas culturas (feijão, melancia<sup>2</sup>, pimentão, tomate, cebola e banana) fazem parte do padrão de cultivo previsto pelos modelos LA e LF. As culturas do feijão e pimentão permaneceram com áreas cultivadas constantes em qualquer nível de disponibilidade de água, em ambos os modelos, de acordo com as restrições impostas. A cultura da melancia 1 só aparece na solução a partir da disponibilidade de água de 7.997.346 mm.ha. No modelo LA, a disponibilidade de água pouco influenciou na área cultivada com tomate, já que a diferença entre o nível mais alto e o mais baixo foi de apenas 21 ha. Porém, no modelo LF, houve maior influência chegando essa diferença a 3.567ha. A área cultivada com banana aumentou com o aumento da disponibilidade de água, tanto no modelo LA como no LF. No menor nível de disponibilidade de água (3.998.673 mm.ha) para o modelo LF, a área prevista para cultivo com banana é menor que a imposta pela restrição 714ha, tornando a solução impossível. A cultura da cebola só não faz parte da solução ótima no menor nível de disponibilidade para o modelo LF. Quanto maior a disponibilidade de água, maior foi a área cultivada, em ambos os modelos. Entretanto, observa-se que no

modelo LF a relação entre as áreas com maior e menor disponibilidade de água foi de 2,61, enquanto que no modelo LA foi de 1,61. Os retornos financeiros aumentaram com o aumento da água disponível, porém o incremento de renda diminuiu à medida que aumentou o recurso água, fato observado nos dois modelos estudados. A eficiência econômica da água diminuiu com o aumento da oferta de água.

**CONCLUSÕES:** Os retornos financeiros aumentam a medida que cresce a disponibilidade do volume de água, porém o incremento de renda diminuiu a medida que aumenta o recurso água em ambos os modelos estudados. A área total cultivada cresceu com a maior disponibilidade de água independente do modelo estudado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN, R.G. Sprinkler irrigation project design with production functions. **J. Irrig. Drain. Eng.**, New York, v.112, p.305-321, 1986.

DANTAS NETO, J. **Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo , em áreas irrigadas , baseados nas funções de resposta das culturas à água.** Botucatu: UNESP, 1994. 125 p . Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1994.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. IN: DOURADO NETO, D., SAAD, A.M., VAN-LIER, Q.J. **Curso de agricultura irrigada.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1991. p.1-26.

TABELA 1 Área cultivada por cultura (ha), área total (ha) e retorno financeiro (US\$) para 5

Culturas	níveis de disponibilidade de água									
	Disponibilidade de água (mm.ha)									
	3.998.673		5.331.564		6.664.455		7.997.346		9.330.237	
	LA <sup>1</sup>	LF <sup>2</sup>	LA	LF	LA	LF	LA	LF	LA	LF
Feijão	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714
Melancia1	-	-	-	-	-	-	689	838	2557	1714
Melancia2	714	714	714	714	714	714	714	1244	1270	886
Pimentão	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714
Tomate	4260	714	4281	2464	4281	4281	4281	4281	4281	3617
Cebola	357	-	357	357	357	357	357	357	357	357
Banana	714	699	964	714	1598	818	2120	859	2120	1290
Área total	7473	3555	7744	5677	8378	7598	9589	9007	12013	9292
Retorno (US\$).	16.510.351 <sup>1</sup>	10.115.219 <sup>2</sup>	21.662.931 <sup>1</sup>	17.068.983 <sup>2</sup>	26.123.672 <sup>1</sup>	22.634.044 <sup>2</sup>	30.085.935 <sup>1</sup>	25.432.817 <sup>2</sup>	33.575.686 <sup>1</sup>	28.135.780 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>LA -lâminas alternativas ; <sup>2</sup>LF - lâminas fixas.

Melancia1 e melancia 2- Áreas plantadas em fevereiro e em outubro, respectivamente.