

PLANEJAMENTO MULTICRITERIAL PARA FRUTICULTURA: O CASO DO VALE DO TRUSSU EM IGUATU - CE

José Cesar Vieira Pinheiro*
Maria Eljani Holanda Coelho**
José Vanglésio Aguiar***

RESUMO

Na literatura, a resolução de problemas que envolvem múltiplos objetivos é tratada pelos modelos de programação multicritério. Com as culturas da banana, goiaba e coco, no vale do rio Trussu, no município de Iguatu - CE, utilizou-se o método de programação por metas ponderadas, fazendo um estudo comparativo com o modelo de programação linear que otimiza apenas um objetivo. Os objetivos propostos para serem atingidos na pesquisa foram retirados de trabalhos desenvolvidos de maneira participativa com a comunidade e instituições ligadas à agricultura, utilizando como instrumento a matriz de relevância, que demonstrou a existência de vários objetivos a serem alcançados. Os resultados encontrados mostram que o método de programação por metas ponderadas é superior ao de programação linear (com um único objetivo), por ser mais realista na medida em que atende com maior precisão os interesses dos produtores, que quase sempre perseguem objetivos múltiplos.

Palavras-chave: programação multicritério, programação linear, programação por metas ponderadas.

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno da seca, que atinge boa parte da região Nordeste, produz efeitos desfavoráveis não somente na agricultura. Segundo Câmara (1993), os setores industriais e de serviços também são afetados, o que concorre para o agravamento dos problemas sociais urbanos, decorrentes do fluxo migratório das regiões atingidas pelas estiagens.

* Professor Adjunto IV do Departamento de Economia Agrícola/CCA/UFC; Doutor em Ciências pela USP - Área de Concentração - Economia Aplicada; Pesquisador do CNPq. E-mail: jcvpinhe@ufc.br.

** Mestre em Engenharia Agrícola. Professora do Colégio Agrícola de Iguatu - CE.

*** Doutor em Irrigação e Drenagem e Técnico do IBGE - Fortaleza - CE. E-mail: jvaguaiar@ibge.gov.br.

Teor. e Evid. Econ.	Passo Fundo	v. 13	n. 24	p. 09-23	maio 2005
---------------------	-------------	-------	-------	----------	-----------

Lima (1990) explica que, nos últimos anos, o poder público tem procurado impulsionar o desenvolvimento rural do Nordeste através de investimentos em programas de irrigação, com perímetros irrigados que seriam pólos de irradiação de desenvolvimento regional. Os resultados dessa política, no entanto, não têm sido suficientes para mudar a situação de pobreza em que vive a maioria da população rural do Nordeste. Projetos de irrigação com propósitos tão abrangentes requerem planos de cultivos que atendam, ao mesmo tempo, à maximização de renda e do emprego e que se preocupem com a sustentabilidade ambiental. Para atender a múltiplos objetivos, está claramente comprovada a existência de conflitos, dadas as diferentes dimensões e interesses dos atores envolvidos no processo produtivo.

Na literatura, a resolução de problemas que envolvem múltiplos objetivos é tratada pelos modelos de programação multicritério, utilizada em situações em que se pretenda otimizar simultaneamente vários objetivos, sujeitos a um conjunto de restrições. Quando for impossível encontrar uma solução ótima, indica-se um conjunto eficiente cujos elementos são soluções alcançáveis, fornecendo opções que melhor atendam aos anseios da população-alvo. Sendo plural por natureza, muitas vezes a melhor solução poderá ocorrer pela negociação ou até mesmo pelo confronto.

Este estudo dará ênfase a um modelo que permita a interação de objetivos ambientais, sociais e econômicos. Nessa perspectiva, pretende-se determinar a combinação ótima sob enfoque múltiplo das culturas recomendadas por agências de desenvolvimento e selecionadas para o vale do rio Trussu no município de Iguatu - CE, onde foi construído um açude público (Roberto Costa) com a capacidade de acumular 280.000.000 m³ de água (COGERH, 2000).

O trabalho contempla quatro seções, além desta introdução. A segunda seção apresenta os modelos utilizados com uma breve descrição da área. Na terceira seção foi feita a especificação empírica com a descrição dos procedimentos metodológicos do trabalho. A quarta seção contém os resultados e discussões seguidas da seção conclusiva.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Iguatu, que se localiza na região Centro-Sul do estado do Ceará, distando 378 km de Fortaleza. Tem como principais vias de acesso a Fortaleza a BR 116 e as CE 282/404 e 153/404. A área total do município é de

1.042,60 km² e sua população, de 85.615 habitantes, sendo 62.366 (72,85%) residentes na zona urbana e 23.249 (27,15%), na zona rural (FIBGE; CENSO - 2000).

Especificamente, focalizou-se um vale dividido em 16 comunidades distribuídas ao longo das margens do rio Trussu, onde 74,25% das unidades produtivas possuem energia elétrica e 87,13% não possuem máquinas agrícolas. A distribuição fundiária das propriedades geralmente dificulta o financiamento e a implantação de grandes projetos em razão do grande número de pequenos proprietários. Esses produtores fazem irrigação sem assistência técnica; não existe preocupação com a qualidade e a quantidade da água requerida pelo solo e com as necessidades hídricas das plantas.

Atualmente, são exploradas agricultura de subsistência com forrageiras e uma pequena área com fruteiras. O policultivo é uma característica das pequenas propriedades e apenas 14% do potencial agricultável estão sendo efetivamente explorados. Aproximadamente 60% dos proprietários possuem uma faixa etária entre 50 e 70 anos e, na sua grande maioria, são pessoas que não tiveram oportunidades de estudar, apresentando uma taxa de 50,49% de analfabetos e semi-analfabetos. Habitados a uma maneira tradicional de cultivar, esses proprietários tornaram-se relutantes em aceitar as inovações tecnológicas.

2.2 Instrumental analítico

Para atingir os objetivos propostos foi adotado o modelo de programação linear adaptado para situações multicriteriais. A programação linear seleciona a solução que otimiza uma função objetivo e que atende o conjunto de restrições (ou inequações lineares).

Seja a função-objetivo que se deseja maximizar ou minimizar:

$$\text{Min(ouMax)} Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (1)$$

sujeita às restrições:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = b_i \quad (2)$$

(j = 1, 2, 3....., n)

(i = 1, 2, 3....., m)

$X_j \geq 0$

onde X_j são variáveis de decisão, C_{ij} , a_{ij} e b_i são constantes conhecidas e Z , a medida de desempenho, um valor associado a valores das variáveis.

Como o modelo acima otimiza apenas uma função-objetivo, utilizou-se o método conhecido como "programação por metas ponderadas" (PMP), que consiste em minimizar os desvios entre os alvos desejados e os que podem ser efetivamente alcançáveis. A estrutura do modelo de PMP passa a ser:

Função-objetivo

$$\text{Min} Z = \sum_j W_j (P_j + N_j); \quad (3)$$

em que W_j é o peso associado aos desvios a partir da j -ésima meta. Os desvios P_j e N_j consistem no desvio observado entre o alcance real de uma meta e o seu alvo. As metas podem ser expressas por:

$$\sum_{i=1}^n A_i X_i + N_i - P_i = A_i \quad (4)$$

Restrições

$$\sum_{i=1}^n a_i X_i \leq b_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$X_i, N_i, P_i \geq 0$$

onde:

- N_i - são as variáveis de desvios negativos de cada uma das metas;
- P_i - são as variáveis de desvios positivos de cada uma das metas;
- W_i - é o peso associado aos desvios a partir da i -ésima meta;
- X_i - são as variáveis de decisão;
- b_i - quantidade máxima do recurso i , disponível às atividades.

2.3 Modelo empírico

A Seagri¹, no seu plano de trabalho, incluiu incentivo à fruticultura numa área de 242 ha na localidade Santa Clara, com recursos do Banco do Nordeste, em razão da inexistência de projetos dessa natureza na região. Para a seleção das culturas, foram apresentadas aos produtores várias opções e, através de ampla discussão e das aspira-

¹ Secretaria de Agricultura Irrigada do Ceará

ções destes, foram selecionadas as culturas de goiaba, banana e coco. A opção por essas culturas decorre do fato de produzirem mais de uma safra durante o ano, de terem mercado *in natura* de fácil acesso, demanda requerida pela agroindústria de polpa e doces existente na região e significativo retorno financeiro por unidade de área.

Para viabilizar os objetivos propostos, utilizando as culturas recomendadas pela Seagri, desenvolveu-se um trabalho com programação matemática considerando apenas um objetivo e, em seguida, com os mesmos dados, aplicou-se programação com objetivos múltiplos através do modelo de programação com metas ponderadas.

2.3.1 Programação linear

Na definição dos sistemas de irrigação para cada cultura foram consideradas a cultura e a textura do solo, economia de água e eficiência do sistema de irrigação, ficando definida a microaspersão para todas as culturas implantadas numa área de 242 ha.

Tabela 1: Produtividade, margem bruta, custos e preços

Cultura	Custo de produção ⁽¹⁾ (R\$.ha ⁻¹)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)	Preço de venda (R\$.kg ⁻¹)	Margem bruta (R\$.ha ⁻¹)	Energia (R\$.ha ⁻¹)	Mão-de-obra (h/d/ha)
Banana	2.580,00	30.000	0,20	2.333,77	175,00	216
Goiaba	1.168,50	10.000	0,43	2.880,43	220,50	156
Coco	1.494,15	22.000(frutos)	0,20	2.485,88	237,55	88

(¹) – Excluídas as despesas com mão-de-obra e energia.
Fonte: BNB e EMATERCE.

O modelo consistiu em definir uma função-objetivo visando à obtenção de um plano ótimo de cultivo compatível com as necessidades dos produtores e que atenda às restrições técnicas e econômicas. No modelo de programação linear, o objetivo é maximizar a margem bruta, definida como a diferença entre a renda bruta e o custo operacional a partir do ano de estabilização da cultura.

Por se tratar de culturas perenes (banana, goiaba e coco), consideraram-se no cálculo da margem bruta os investimentos de capital, que podem ser diluídos nos diversos anos de vida útil de cada cultura e utilizando-se como procedimento de cálculo a amortização anual obtida pela seguinte equação (Contador, 1981):

$$a = k \frac{r(1-r)^n}{(1-r)^n - 1} \quad (6)$$

onde:

a - é a anuidade a ser paga a partir do ano de estabilização da cultura;

k - é o fluxo líquido de caixa atualizado (investimentos);

r - é a taxa anual de juros (considerando o juro cobrado pelos bancos);

n - é o número de anos de pagamento (vai da estabilização até o último ano de vida útil econômica considerada).

As variáveis da função-objetivo representam o número de hectares (X_i) a serem explorados pelas culturas i em estudo, sujeitas às restrições de terra, capital, mão-de-obra e energia.

As restrições que vão de (b) a (f) do modelo abaixo representam o capital que está registrado na forma de saldo, acumulado no período anterior, a ser somado ao valor disponível para o ano em curso, considerando a disponibilidade a financiamento.

No primeiro ano existe um saldo de caixa positivo que será igual a:

$$600.000,00 - 2.580,00 X_1 - 2.238,50 X_2 - 1.578,00 X_3$$

No segundo, a restrição será:

$$1.343,5 X_1 + 873,00 X_2 + 905,00 X_3 - 200.000,00 + 600.000,00 - 2.580,00 X_1 - 2.238,50 X_2 - 1.578,00 X_3$$

resultando em:

$$3.923,50 X_1 + 2.483,00 X_2 + 3.111,50 X_3 - 800.000,00$$

De forma equivalente calculam-se as restrições para os demais anos e o capital disponível é baseado na capacidade de pagamento de 45 produtores.

A restrição (g) refere-se à mão-de-obra requerida anualmente por área cultivada. O valor da restrição foi calculado com base no número de pessoas em idade ativa do projeto, multiplicado pelo número de diárias disponíveis no ano por sexo e idade.

Após estudo da renda dos proprietários depois da implantação do projeto, verificou-se que, para atender à restrição de energia (h), a disponibilidade anual total de recursos para este item é de R\$ 42.000,00. A área total disponível é de 242 ha e está registrada na linha (i) das restrições.

A restrição (l) indica que a área com a cultura do coco deverá ser menor ou igual a 120 ha, em razão da área disponível com características de solo adequadas ao cultivo desta cultura.

Modelo 01 - Programação Linear

$$\begin{array}{rcll}
 \text{Max } Z & = & 2.333,77X_1 + 2.880,43X_2 + 2.485,88X_3 & \text{(a)} \\
 2.580,00X_1 + & 2.238,50X_2 + & 1.578,00X_3 & 600.000,00 \quad \text{(b)} \\
 3.923,50X_1 + & 3.112,50X_2 + & 2.482,75X_3 & 800.000,00 \quad \text{(c)} \\
 & 4.160,50X_2 + & 3.554,35X_3 & 1.000.000,00 \quad \text{(d)} \\
 & 5.329,00X_2 + & 4.850,90X_3 & 1.200.000,00 \quad \text{(e)} \\
 & & 6.345,05X_3 & 1.400.000,00 \quad \text{(f)} \\
 216X_1 + & 156X_2 + & 88X_3 & 45.000,00 \quad \text{(g)} \\
 175,00X_1 + & 220,50X_2 + & 237,50X_3 & 42.000,00 \quad \text{(h)} \\
 X_1 + & X_2 + & X_3 & 242,00 \quad \text{(i)} \\
 X_1 & & & 0 \quad \text{(j)} \\
 & X_2 & & 0 \quad \text{(k)} \\
 & & X_3 & 120,00 \quad \text{(l)} \\
 & & X_3 & 0 \quad \text{(m)}
 \end{array}$$

2.3.2 Programação por metas ponderadas (PMP)

Os produtores elegeram como prioridades absolutas os problemas de renda, desemprego e custo de energia. Foram estabelecidos os seguintes objetivos por ordem de importância: i) maximizar a margem bruta; ii) maximizar a mão-de-obra empregada na fruticultura;² iii) minimizar o custo de energia.

Embora os gastos de energia sejam relativamente pequenos em algumas culturas, os produtores alegaram que o pagamento deve ser feito mensalmente sob pena de corte da energia e conseqüentemente paralisação da irrigação.

As prioridades estabelecidas pelos produtores foram traduzidas em pesos que serviriam de parâmetros associados a cada problema, sendo, por ordem de importância: a baixa renda (0,60), desemprego (0,30) e energia (0,10). Isso significa que a introdução

² Ressalte-se que, na maioria dos problemas de programação linear, preconiza-se minimizar custos com mão-de-obra. Deve-se atentar que aqui ocorre exatamente o contrário.

dessas culturas deveria considerar tais aspectos segundo o grau de importância e os valores passaram a ser fatores de ponderação.

Assim, deve-se utilizar o modelo conceitual que preconiza reconhecer o conjunto de inequações, agora apresentadas sob a forma de metas. Observa-se que a equação (3) introduz no modelo as variáveis de desvios os quais medem a discrepância entre as metas pretendidas e os valores efetivamente alcançados.

A seguir, reescreve-se o modelo 01, transformando o conjunto de inequações em metas e introduzindo as variáveis de desvio. Na função-objetivo, foi incorporado um valor artificialmente alto da margem bruta, que representa o mais forte objetivo a ser maximizado. Esse valor foi fixado em R\$ 1.000.000,00, significando que o valor de N1 encontrado representa o número de unidades inferior ao pretendido.

O modelo de programação por metas fica na forma que se segue:

Modelo 02: Programação por Metas Ponderadas

$$\begin{array}{rcll}
 2.333,77X_1 + 2.880,43X_2 + 2.485,88X_3 + N_1 - P_1 & = & 1.000.000,00 & \text{(Ma)} \\
 2.580,00X_1 + 2.238,50X_2 + 1.578,00X_3 + N_2 - P_2 & = & 600.000,00 & \text{(Mb)} \\
 3.923,50X_1 + 3.112,50X_2 + 2.482,75X_3 + N_3 - P_3 & = & 800.000,00 & \text{(Mc)} \\
 & & 4.160,50X_2 + 3.554,35X_3 + N_4 - P_4 & = 1.000.000,00 \text{ (Md)} \\
 & & 5.329,00X_2 + 4.850,90X_3 + N_5 - P_5 & = 1.200.000,00 \text{ (Me)} \\
 & & & & 6.345,05X_3 + N_6 - P_6 & = 1.400.000,00 \text{ (Mf)} \\
 216X_1 + 156X_2 + 88X_3 + N_7 - P_7 & = & 45.000,00 & \text{(Mg)} \\
 175,00X_1 + 220,50X_2 + 237,50X_3 + N_8 - P_8 & = & 42.000,00 & \text{(Mh)} \\
 X_1 + X_2 + X_3 + N_9 - P_9 & = & 242,00 & \text{(Mi)} \\
 X_1 & & & + N_{10} - P_{10} = 0 \text{ (Mj)} \\
 & & X_2 & + N_{11} - P_{11} = 0 \text{ (Mk)} \\
 & & & & X_3 + N_{12} - P_{12} & = 120,00 \text{ (Ml)} \\
 & & & & X_3 + N_{13} - P_{13} & = 0 \text{ (Mm)}
 \end{array}$$

Para resolver esse problema, são escolhidas as metas M_a , M_g e M_h , que farão parte da função-objetivo e representam, respectivamente, margem bruta, emprego e energia, maximizando-se os dois primeiros e minimizando-se o terceiro. Os desvios são ponderados com base no peso dado pelos produtores. As outras metas descritas serão restrições rígidas e que não podem ser violadas.

A nova formulação vai requerer que os desvios sejam minimizados, ou seja:

$$\text{Min: } 0,00006 N_1 + 0,00066 N_7 + 0,00023 P_8$$

sujeito a:

$$\begin{array}{rcll} 580,00X_1 + 2.238,50X_2 + 1.578,00X_3 & & 600.000,00 & \text{(b)} \\ 3.923,50X_1 + 3.112,50X_2 + 2.482,75X_3 & & 800.000,00 & \text{(c)} \\ & 4.160,50X_2 + 3.554,35X_3 & 1.000.000,00 & \text{(d)} \\ & 5.329,00X_2 + 4.850,90X_3 & 1.200.000,00 & \text{(e)} \\ & & 6.345,05X_3 & 1.400.000,00 \text{ (f)} \\ X_1 + & X_2 + & X_1 & 242,00 \text{ (i)} \\ X_1 & & & 0 \text{ (j)} \\ & X_2 & & 0 \text{ (k)} \\ & & X_1 & 120,00 \text{ (l)} \\ & & X_1 & 0 \text{ (m)} \\ 2.333,77X_1 + 2.880,43X_2 + 2.458,00X_3 + N_1 - P_1 & = & 1.000.000,00 & \text{(Ma)} \\ 216X_1 + 156X_2 + 88X_3 + N_7 - P_7 & = & 45.000,00 & \text{(Mg)} \\ 175,00X_1 + 220,50X_2 + 237,50X_3 + N_8 - P_8 & + & 42.000,00 & \text{(Mh)} \end{array}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises comparativas entre os resultados obtidos pelos modelos de programação

Esta seção foi conduzida de maneira a comparar os resultados do modelo de programação linear, que otimiza apenas um objetivo, com o de programação por metas ponderadas, que otimiza múltiplos objetivos priorizados pelos agricultores.

Maximizar margens brutas era esperado, mas os modelos tradicionais sempre consideraram minimizar custos, o que não é compatível com o incremento de mão-de-obra. Assim, foi introduzido também um modelo que contempla a minimização do uso da mão-de-obra para comparação com as aspirações dos produtores. Como não existe controle volumétrico da água utilizada nas irrigações, os produtores consideraram os custos com energia como um objetivo relevante a ser alcançado.

O Quadro 02 mostra os valores alcançados, proporcionando aos tomadores de decisão opções de seleção do melhor uso da terra de acordo com as prioridades dos produtores.

Quando se pretende apenas maximizar margens brutas, a banana foi a cultura prioritária, representando 65% da área total a ser ocupada. Utilizando o modelo preconizado pelos produtores (maximização da renda, do emprego e minimização dos gastos com energia), a área total a ser cultivada aumenta em 10%. Em termos absolutos, a área plantada com a banana é diminuída em 84,69 ha, sendo substituída pela cultura da goiaba, que passa de 77,31 para 184,10 ha.

A cultura do coco em nenhum modelo foi recomendada. Isso talvez tenha ocorrido em virtude dos baixos preços do coco em relação à goiaba, refletindo expectativas pessimistas de rentabilidade econômica dessa cultura. Existem grandes áreas no Nordeste que ainda não entraram em produção, além do surgimento de variedades de coco adaptado a climas temperados, o que deve limitar o mercado para o coco produzido no Nordeste. Ademais, há maior demora na estabilização da cultura (cinco anos), aumentando a demanda de capital, além da limitação de 120 ha destinada à cultura.

Os valores obtidos das margens brutas apresentadas no modelo de PMP foram superiores aos determinados no modelo de PL convencional, em virtude de alguns recursos serem utilizados mais intensivamente. Isso porque, no modelo de PL, as restrições, sendo satisfeitas previamente, reduzem a margem bruta. A solução viável considerada deve satisfazer exatamente às restrições impostas ao espaço-solução.

A mão-de-obra disponível na comunidade é de 45 mil diárias/ano, não sendo totalmente utilizada. Isso confirma a existência do elevado índice de desemprego e a necessidade de opções de produção agrícola com padrão tecnológico que maximize o emprego de mão-de-obra local.

Verifica-se que, quando se pretende apenas maximizar a margem bruta através de PL convencional, utilizam-se totalmente os recursos disponíveis para pagamento de energia. A PMP transforma essa restrição numa meta, ultrapassando o valor disponível, o que iria requerer a obtenção de recursos em outras fontes para financiar o adicional de energia necessária. As elevações dos valores das margens brutas compensam os gas-

tos excedentes com energia na medida em que o incremento de R\$ 1,00 com energia acarreta um aumento na margem bruta de R\$ 12,60. O método de PL, por ser rígido, não aceita esse tipo de negociação tão vantajoso.

A atribuição de pesos diferenciados para os parâmetros das funções-objetivo conduz a um aumento da área cultivada, resultando num mais alto valor para a margem bruta. Além de ser um modelo mais realista, é mais flexível, visto que uma restrição rígida passa a ser uma meta alcançável e factível.

Tabela 2 : Resultados apresentados nos modelos de programação linear e programação por metas ponderadas maximizando a mão-de-obra

Modelos	Margem bruta R\$	Mão-de-obra Diárias/ano	Energia R\$	Áreas ha			
				Banana	Goiaba	Coco	Total
P. linear	555.456,90	42.859,70	42.000,00	142,59	77,31	-	219,90
P. M. ponderadas	665.411,00	41.226,16	50.726,43	57,90	184,10	-	242,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos modelos de programação, os coeficientes técnicos estão sujeitos a variações ou não apresentam exatidão. Torna-se necessário o estudo da análise de sensibilidade para que se possa determinar o intervalo de variação dos coeficientes sem que a solução ótima seja alterada.

Os valores em decréscimos e acréscimos apresentados nas Tabelas 3 e 4 representam os limites de variação sem que sejam alteradas as soluções ótimas.

3.2 Análise de sensibilidade do modelo de programação linear

Na Tabela 3, as restrições de capital mostram que, com exceção do segundo ano, no qual o capital requerido seria totalmente utilizado, nos demais seria subutilizado. Isso se deve a: i) não-ocupação da área total disponível; ii) maior área destinada à cultura da banana, menos exigente em capital em relação às demais; iii) requer menos capital a partir do terceiro ano, pelo fato de a cultura da banana se estabilizar mais precocemente.

A partir do terceiro ano, caso houvesse disponibilidade de capital nas instituições financeiras para empréstimo, o incremento de capital em nada iria aumentar a margem bruta, dadas as restrições impostas. Isso explica a folga de capital observada.

Verifica-se que, se os produtores tiverem acesso ao incremento de recursos destinados ao pagamento de energia em até R\$ 8.726,42, isso proporcionaria acréscimos na margem bruta de 19,80%, passando o modelo a apresentar os mesmos resultados do modelo de programação por meta com a maximização da mão-de-obra.

Tabela 3: Análise de sensibilidade do modelo de programação linear

Restrição	RHS (restrição)	Folga	Preço sombra	Decréscimo	Acréscimo
Capital R\$ - ano 1	600.000,00	59.060,00	0	59.060,68	Infinito
Capital R\$ - ano 2	800.000,00	0	0,033	207.333,30	33.757,49
Capital R\$ - ano 3	1.000.000,00	678.352,70	0	678.352,70	infinito
Capital R\$ - ano 4	1.200.000,00	788.016,30	0	788.016,30	infinito
Capital R\$ - ano 5	1.400.000,00	1.400.000,00	0	1.400.000,00	infinito
Mão-de-obra h/d/ha	45.000,00	2.140,30	0	2.140,30	infinito
Energia R\$	42.000,00	0	12,60	6.317,57	8.726,42
Área ha	242,00	22,10	0	22,10	infinito
Área de banana ha	0	142,59	0	infinito	142,59
Área de goiaba ha	0	77,31	0	infinito	77,30
Área de coco ha	120	120	0	120	infinito

Fonte: Dados da pesquisa.

3.3 Análise de sensibilidade do modelo de programação por metas ponderadas maximizando a mão-de-obra

Este modelo incorpora as verdadeiras preferências dos produtores; as necessidades mínimas de capital são de R\$ 561.149,00 no primeiro ano; no segundo, demandará o capital total da restrição; no terceiro, R\$ 765.936,80 e, no quarto, R\$ 981.054,50. No quinto ano não haverá necessidade de capital, pois a cultura do coco não seria implantada. Esta informação é útil tanto para os produtores estimarem as necessidades de financiamento de longo prazo quanto para os agentes financeiros estabelecerem seus cronogramas no tocante à oferta de capital.

A elevação do valor requerido para pagamento de energia em R\$ 8.726,42, acarretam pela flexibilização do modelo de programação por metas, proporcionou um aumento na margem bruta de R\$ 109.954,10, com uma ocupação total da área disponível.

O requerimento de mão-de-obra superou em 6,36% o modelo que minimiza a mão-de-obra, em decorrência de a cultura da banana apresentar maior requerimento de trabalho.

Tabela 4: Análise de sensibilidade do modelo que maximiza a mão-de-obra

Restrição	RHS (restrição)	Folga	Preço sombra	Decréscimo	Acréscimo
Capital R\$ - ano 1	600.000,00	38.509,00	0	38.509,23	Infinito
Capital R\$ - ano 2	800.000,00	0	0,000022	33.361,57	51.072,00
Capital R\$ - ano 3	1.000.000,00	234.063,20	0	234.063,20	infinito
Capital R\$ - ano 4	1.200.000,00	218.945,50	0	218.945,50	infinito
Capital R\$ - ano 5	1.400.000,00	1.400.000,00	0	1.400.000,00	infinito
Área ha	242,00	0	0,15	22,10	8,50
Área de banana ha	0	57,90	0	infinito	57,90
Área de goiaba ha	0	184,10	0	infinito	184,10
Área de coco ha	120	120	0	120	infinito
Margem bruta R\$	1.000.000,00	0	0,00006	334.459,00	infinito
Mão-de-obra h/d/ha	45.000,00	0	0	3.773,84	infinito
Energia R\$	42.000,00	0	0,00024	infinito	8.726,42

Fonte: Dados da pesquisa.

4 CONCLUSÃO

O método de programação por metas ponderadas mostrou-se mais preciso e flexível do que o de programação linear usual, em primeiro lugar, por ser mais realista e por atender aos anseios e interesses dos produtores, que quase sempre perseguem objetivos múltiplos. As áreas de culturas perenes no modelo multicriterial superam as expectativas e os prognósticos da programação linear com um único objetivo, desde que a flexibilidade com as restrições seja considerada, além de um uso mais intensivo da terra e do capital.

A combinação de área que atende, simultaneamente, a esses objetivos, sob as restrições dadas, indica prioridade à cultura da goiaba, seguida pela banana, numa proporção de 3,2 : 1 de área cultivada. Quando o modelo busca minimizar o uso da mão-de-obra, os seus resultados priorizam a cultura da goiaba em relação à da banana, numa

proporção de 3,4 : 1 de área cultivada com um ligeiro aumento da margem bruta. Ressalte-se que aqui ocorre incremento dos gastos com energia.

O modelo que persegue apenas o objetivo de maximizar as margens brutas não ocupa a área plenamente e prioriza a banana em relação à cultura da goiaba, numa proporção de 1,84 : 1 da área cultivada. Com base nos resultados obtidos, conclui-se também que a cultura do coco deve ser totalmente descartada.

Como se pode verificar, métodos diferentes produzem resultados contrários para um mesmo problema. Isso leva à conclusão de que, quando as reais aspirações dos produtores são consideradas nos modelos de programação, o método de PMP fornece resultados mais precisos.

O modelo de programação linear prioriza a cultura da banana e o modelo de PMP, a goiaba. A recomendação do modelo sugerido pelos produtores fica entre os extremos de área, o que significa menor risco. Esses resultados levam a concluir que alguns estudos de programação linear com objetivo único feitos na região sem considerar os reais anseios dos produtores talvez devam ser revistos.

5 LITERATURA CITADA

BUARQUE, S. C. *Curso de planejamento do desenvolvimento municipal sustentável*. IICA-Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura. Recife/Brasília, set. 1995.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. *Cadastro de irrigantes do Ceará*. Fortaleza, 2000.

CAMARA, S. F. *Análise da rentabilidade econômica das unidades de exploração agropecuária do Perímetro Senador Nilo Coelho (BA & PE) sob condições de riscos*. Fortaleza - CE, 1993. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Universidade Federal do Ceará.

CONTADOR, C. R. *Avaliação social de projeto*. São Paulo, 1981, 301p.ed. Atlas.

LIMA, R. C. *Impactos do Programa de Irrigação Pública no Nordeste na estrutura agrária em sua área de influência: o caso do perímetro irrigado Morada Nova*. Fortaleza - CE, 1990. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Universidade Federal do Ceará.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. São Paulo: USP, 1988. 805p.

ROMERO, C.; REHMAN, T. Goal programming and multiple criteria decision – marking in farm planning. Some extensions *Journal of Agricultural Economics*, v. 36, p. 171- 185, 1985.

SYNOPSIS

PLANNING MULTICRITERIAL FOR HORTICULTURE: THE CASE OF THE VALLEY OF TRUSSU IN IGUATU - CE.

SUMMARY: In the literature, the resolution of problems that involve objective multiples it is treated by the models of programming multicritério. With the banana's cultures, guava and coconut, suitable for the Secretaria Irrigada do Estado do Ceará - SEAGRI, for they be implanted in it is it of the river Trussu in the Municipal district of Iguatu - CE, for presenting favorable conditions to change in a pole of agricultural development. The method of Programming was used by Considered Goals, making a comparative study with the model of Lineal Programming that just optimizes an objective. The objectives proposed for they be reached in that research they were retired of developed works of way participativa with the community and linked institutions to the agriculture, using as instrument the head office of relevance, that demonstrated the existence of several objectives be reached her. The found results show that the method of Programming for Considered Goals is superior to the of Lineal programming (with an only objective), for being more realistic in the measure than it assists with larger precision the interests of the producers that almost always pursue multiple objectives.

Key words: programming multicritério, lineal programming, programming for considered goals.

SINOPSIS

MULTICRITERIAL PLANEANDO PARA LA HORTICULTURA: EL CASO DEL VALLE DE TRUSSU EN IGUATU - CE.

En la literatura, la resolución de problemas que involucran los múltiples objetivos él se trata por los modelos de programar el multicritério. Con las culturas del plátano, guayaba y coco, conveniente para el Secretaria Irrigada del Estado do Ceará - SEAGRI, porque ellos se implanten en él es él del río Trussu en el distrito Municipal de Iguatu- CE, por presentar las condiciones favorables para cambiar en un polo de desarrollo agrícola. El método de Programar se usó por las Metas Consideradas, mientras haciendo un estudio comparativo con el modelo de Programación Lineal que simplemente perfecciona un objetivo. Los objetivos propusieron porque ellos se localicen en esa investigación que ellos estaban jubilados de trabajos desarrollados de participativa de la manera con la comunidad y se unió las instituciones a la agricultura, mientras usando como el instrumento la oficina de cabeza de relevancia que demostró la existencia de varios objetivos se la localice. La muestra de los resultados encontró que el método de Programar para las Metas Consideradas es superior al de programación Lineal (con un único objetivo), por ser más realista en la medida que ayuda con la precisión más grande los intereses de los productores que casi siempre siguen los objetivos múltiples.

Palabras llave: el multicritério programando, la programación lineal, programando para las metas consideradas.