

ANÁLISE DE OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO, VISANDO A SUSTENTABILIDADE NO USO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA CONVENCIONAL E ORGÂNICA

Vladimir Costa de Alencar¹; José Carlos Mota²; Valterlin Santos³; Allan Sarmento Vieira⁴ & Wilson Fadlo Curi⁵

RESUMO – A agricultura orgânica vem se consolidando atualmente, pelo fato de seguir os ditames da sustentabilidade que visa usar os recursos naturais no presente, sem interferir acentuadamente nesses recursos para as futuras gerações. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise comparativa multiobjetivo de um sistema de produção com manejo convencional (usando agroquímicos - adubação e defensivos químicos) e um sistema de produção com manejo orgânico, tendo como base o perímetro irrigado do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), Paraíba. O modelo utilizado para a análise multiobjetivo é baseado em programação linear, utilizando o Toolbox Optimization do software MATLAB 6.5 com o Método dos Pontos Interiores para a busca da solução ótima na utilização dos recursos hídricos. Foram elaborados dois cenários, um para a agricultura convencional (em que foi dada prioridade nos contextos social e ambiental – maximização de mão-de-obra e minimização de agroquímicos) e outro para a agricultura orgânica (em que foi dada prioridade no contexto social – maximização de mão-de-obra), para uma série de 10 anos hidroclimáticos. Portanto, conclui-se que a sustentabilidade deve ser priorizada nos diversos empreendimentos devido ao fato real observado quanto aos ganhos social, ambiental e financeiro no uso da agricultura orgânica.

ABSTRACT – Nowadays, organic agriculture is establishing itself. That happens because that kind of agriculture is following sustainability's dictates that aim the usage of natural resources in present time, without interfering on the existence of these resources for future generations. This way, the present work had the objective of developing a multiobjective comparative analysis of a production system that utilizes conventional management (using agrochemicals – fertilization and pesticides) and of a production system that uses organic management, on Epitácio Pessoa Reservoir (Boqueirão), in the State of Paraíba. The model utilized for the multiobjective optimization is based on linear programming, using the Toolbox Optimization of MATLAB 6.5 software with the Method of Inner-Point in order to achieve a great solution for the usage of water resources. Two scenarios were elaborated to a 10 climatic years series: one for conventional agriculture (in which priority was given for social and environmental contexts – labour maximization and agrochemical minimization) and other for organic agriculture (in which priority was given for the social context – labour maximization). Thus, we can conclude that sustainability must be prioritized in several ventures, because of the social, environmental and financial advantages that result from usage of organic agriculture.

Palavras-chave: Sustentabilidade, otimização, agricultura orgânica.

¹ Prof. Assistente, Depto de Matemática, Estatística e Computação, CCT, Universidade Estadual da Paraíba, Av. das Baraúnas, 351, Campus Universitário, Bodocongó - Campina Grande-PB, CEP 58109-753, Fone/Fax: 83 3315.3300 - valencar@gmail.com.

² Prof. Assistente, DMEC, CCT, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB – jcarlosmota10@gmail.com.

³ Mestre em Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande, PB – valterlin@yahoo.com.br.

⁴ Prof. Assistente, UFCG, Campina Grande, PB – allansarmento@yahoo.com.br.

⁵ Professor Doutor, Depto. de Física, UFCG, Campina Grande, PB – wfcuri@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, acontece gradativamente a mudança da matriz alimentar da humanidade que consiste na troca natural dos alimentos baseados num modelo tecnológico convencional com o uso de agroquímicos (agrotóxicos e adubos químicos) para uma agricultura baseada no manejo orgânico, onde se destaca o uso de adubos de origem natural (esterco, cinzas, folhas, pó-de-rocha, etc.) e manejo ecológico de pragas e doenças, dentre outros. Conforme Magdoff (2008), 75% das pessoas pobres de todo o mundo são rurais e dependem da agricultura para viver. A agricultura é hoje, mas do que nunca, um instrumento fundamental para combater a fome, a subnutrição, como apoio ao desenvolvimento sustentado e à redução da pobreza.

Por outro lado, de acordo com Trigueiro (2003), no ano 2025, 83% da população mundial prevista, de 8,5 bilhões de habitantes, estarão vivendo nos países em desenvolvimento. Não obstante, a capacidade de que os recursos e tecnologias disponíveis satisfaçam às exigências de alimentos e de outros produtos agrícolas dessa população em crescimento permanece incerta.

A agricultura encontra-se atualmente diante da necessidade de fazer frente ao desafio da utilização de tecnologias cada vez mais eficientes no que diz respeito ao aumento da produção das terras atualmente exploradas e tenta evitar a exaustão ainda maior de terras que só marginalmente são apropriadas para o cultivo, a melhoria da qualidade do alimento produzido, entre outras. Para assegurar o sustento de uma população em expansão é preciso dar prioridade à manutenção e aperfeiçoamento da capacidade das terras agrícolas de maior potencial. No entanto, a conservação e a reabilitação dos recursos naturais dessas terras com menor potencial, precisam ser intensificados, com o objetivo de manter uma razão homem/terra sustentável. Também é preciso uma maior diversificação dos rendimentos, conservação da terra e um melhor manejo dos insumos.

Visto isto, a necessidade da utilização do uso dos insumos, ou seja, dos recursos naturais - como água, solos, adubos e defensivos (químicos ou orgânicos), dentre outros - é fundamental, sendo necessária a utilização de técnicas que melhor se harmonizem com as políticas de gestão ambiental, visando à maximização dos benefícios sócio-econômicos-ambiental.

De acordo com Primavesi (2001), buscam-se cada vez mais os ideais da sustentabilidade na agricultura. O termo sustentável quer dizer usar os recursos naturais atualmente sem comprometer o abastecimento necessário das futuras gerações, ou seja, não destruir o solo, a água e o ar, e além disso permitir que nossos descendentes ainda consigam produzir seus alimentos de uma maneira limpa e sem escassez. Isto está cada vez mais difícil visto que a humanidade não duplica mais em 200 anos como no século XVII, mas sim a cada 12 anos.

A agricultura convencional faz uso de adubação química e defensivos agrícolas (os chamados agrotóxicos. Segundo Fernandes et al (2005), a agricultura convencional emergiu como pacote tecnológico, chamado de “revolução verde”, adotado a partir da Segunda Guerra Mundial, a

modernização da agricultura levou à adoção de práticas corriqueiras, como: simplificação dos agroecossistemas por meio da adoção de sistemas de produção baseados na monocultura; sobreposição de ciclos culturais; mecanização intensiva; irrigações pesadas; adubações muitas vezes excessivas, especialmente com uso de fertilizantes altamente solúveis e uso indiscriminado e massivo de agrotóxicos, com alto aporte de dependência de insumos externos de alto custo (Horne e McDermmott, 2001).

Tais práticas incrementaram a produção mundial de alimentos para patamares nunca antes alcançados. Contudo, ainda na década de 1960, os efeitos negativos da adoção dessas práticas, tais como erosão, contaminação dos solos e de mananciais, perda de diversidade da fauna e da flora, ressurgimento e resistência de pragas aos agrotóxicos, começaram a ser notados. Esse modelo de produção tem contribuído para o crescente e acelerado desequilíbrio ecológico dos agroecossistemas (PINHEIRO et al, 1985).

Enquanto que a agricultura orgânica, de acordo com Altieri (1989) é um sistema agrícola que mantém uma produção excluindo fertilizantes sintéticos e pesticidas. Portanto, o cultivo orgânico conta com rotações de culturas as mais extensas possíveis, como adubações orgânicas (para suprir plantas com nutrientes), através de restos culturais, esterco dos animais, etc, adubações verdes, e rochas minerais, cultivo mecânico, controle biológico (uso de plantas repelentes, vírus, sabão, etc), controle mecânico (ex: catação, capina, etc), controle de pragas e doenças (plantas invasoras, animais ou insetos) tudo isto é feito para manter a produtividade e o cultivo do solo, além de controlar os insetos, as invasoras e outras pragas.

A agricultura orgânica, segundo Santos e Santos (2008), tem como premissa melhorar a qualidade dos produtos, conservando os recursos naturais, não utilizando na produção de alimentos os resíduos tóxicos. Por este fator, há restrições quanto ao preço mais elevado dos produtos e à redução de produtividade, que é, em média, cerca de 30% menor. Devido a produtividade das culturas ainda ser menor em relação aos cultivos tradicionais, é natural que a produção necessite de preços mais elevados, no entanto, a diferença de produtividade tende a ser reduzida com o passar do tempo, pois a fertilidade do solo vai aumentando de forma gradativa em virtude da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, havendo, a partir daí, fertilização do solo de forma equilibrada e contínua, podendo-se chegar a produtividades quase semelhantes às obtidas na agricultura.

Diante do exposto, este trabalho de pesquisa teve como objetivo fazer um comparativo entre as agriculturas de manejo convencional e de manejo orgânico, utilizando o modelo de programação linear, mais precisamente o modelo adaptado de Santos (2007) que usa processos de otimização para encontrar os valores ótimos através da maximização de variáveis que representam benefícios e a minimização dos valores de variáveis que representam perda e custos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados Gerais do Reservatório de Boqueirão

A pesquisa aqui descrita foi desenvolvida utilizando como base o perímetro irrigado do açude público Epitácio Pessoa, conhecido por açude de Boqueirão, situado em torno da cidade de Boqueirão, Estado da Paraíba, onde existem cadastrados 186 irrigantes com um volume demandado para irrigação de aproximadamente $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ (AIAB, 2008; VIEIRA, 2008; DNOCS, 2008; EMATER, 2008). A área abrange os lados direito e esquerdo do açude (Figura 1). As principais culturas utilizadas no perímetro foram: tomate, alface, pimentão, feijão, repolho e cebola (estes na safra e entressafra), banana, goiaba, mamão e limão.

O perímetro irrigado de Boqueirão, encontra-se geograficamente localizado entre as coordenadas $07^{\circ}28'4''$ e $07^{\circ}33'32''$ da latitude sul, $36^{\circ}08'23''$ e $36^{\circ}16'51''$ de longitude oeste, a 420m de altitude (DNOCS, 2007; DNOCS, 1963). Segundo AESA (2008), o Reservatório de Boqueirão tem uma demanda de abastecimento urbano de $1\text{m}^3/\text{s}$, além de uma demanda de irrigação variável.



Figura 1 - Perímetro irrigado, Cultura: mamão. Com o Reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) ao fundo (maio, 2008). Fonte: Dados da pesquisa.

A capacidade de acumulação deste açude vem diminuindo ao longo do tempo devido ao assoreamento de sua bacia hidráulica, a bacia de contribuição cobre uma área de 12.410 km^2 , sendo atualmente a sua capacidade de acumulação de aproximadamente $411.686.287 \text{ m}^3$ na cota 361 (SEMARH, 2004; DNOCS, 2008). Originalmente, o açude tinha seu uso previsto para: perenização

do rio Paraíba, geração de energia elétrica, abastecimento d'água, irrigação, piscicultura e turismo. Os projetos de piscicultura e turismo (aconteceram em pequena escala) e o abastecimento d'água e a irrigação são os pontos mais importantes, enquanto que a geração de energia elétrica nunca foi implantada.

Quanto à irrigação no perímetro do açude, não existe um planejamento bem definido, muito embora exista uma área de aproximadamente 1.020 ha de terras plantadas. Atualmente, a principal destinação de suas águas é para o abastecimento humano e possui os seguintes sistemas adutores: Sistema Campina Grande, Sistema Adutor do Cariri e Sistema Canudos (desativado atualmente). Os dados gerais deste reservatório podem ser melhor vistos, como visto no Quadro 1.

Quadro 1 - Características gerais do Reservatório de Boqueirão.

Características Gerais do Reservatório	
Capacidade	411.686.287 m ³
Localização	Boqueirão-PB
Sistema/Subsistema	Paraíba
Rio Barrado	Paraíba
Área da bacia hidrográfica	12.410 km ²
Área da bacia hidráulica	2.680 ha
Precipitação média anual	661 mm
Volume morto	35.000.000 m ³
Nível d'água máximo	381,36
Projeto	DNOCS
Construção	DNOCS

(Fonte: DNOCS, 2008).

O Sistema Adutor de Campina Grande engloba as seguintes localidades (todas no Estado da Paraíba): Campina Grande, Barra de Santana, Queimadas, Caturité, Pocinhos, Galante e São José da Mata. Já o Sistema Canudos é composto por: Riacho de Santo Antônio e Canudos. Por fim, o Sistema Adutor do Cariri abrange os seguintes municípios: Boa Vista, Soledade, Jazeirinho, Seridó, São Vicente do Seridó, Pedra Lavrada, Cubatí, Boqueirão, Cabaceiras e Olivedos (ARAGÃO, 2008). A população total beneficiada é de aproximadamente 506.534 habitantes (SEMARH, 2006).

2.2. O Modelo Utilizado na Pesquisa

O modelo utilizado na pesquisa foi baseado em técnicas de Pesquisa Operacional (PO) e em Sistemas de Apoio à Decisão (SAD). Segundo Barbosa (2002) e Puccini e Pizzolato (1989), os modelos de PO são metodologias destinadas a resolver problemas de otimização através de funções objetivo na busca de valores ótimos, a serem maximizados ou minimizados, e de restrições, que determinam os limites e as exceções dos aspectos físicos e operacionais do sistema. Dentro deste contexto, a Programação Linear (PL) é uma importante ferramenta da otimização em muitos problemas práticos em pesquisa operacional que podem ser expressos como problemas de programação linear.

Certos casos especiais de programação linear, tais como problemas de network flow (redes de fluxo) e problemas de multicommodity flow são considerados importantes o suficiente para que se tenha gerado muita pesquisa em algoritmos especializados para suas soluções. Vários algoritmos para outros tipos de problemas de otimização funcionam resolvendo problemas de PL como sub-problemas. Historicamente, idéias da programação linear inspiraram muitos dos conceitos centrais da teoria da otimização, tais como dualidade, decomposição, e a importância da convexidade e suas generalizações.

A aplicação da PL, em estudos de recursos hídricos, agrícolas e naturais, varia desde problemas relativamente simples de alocação direta de recursos até situações complexas de gerenciamento e operação de reservatórios. Sob certas hipóteses, problemas não-lineares podem ser linearizados e resolvidos por iteração ou procedimentos de aproximação (BARBOSA, 2002; CURI e CURI, 2001a; CURI e CURI, 2001b; SANTOS, 2007).

Aliado aos modelos de PL, os órgãos governamentais utilizam ferramentas computacionais para suporte à tomada de decisão que, tipicamente, possuem: a) Um grande volume de informações sobre os aproveitamentos hídricos de gestão, obtidos de cadastros históricos e monitoramento em tempo real, tudo isso armazenado em banco de dados; b) Modelos numéricos que simulam o comportamento dos aproveitamentos; e c) Modelos matemáticos de tomada de decisão (otimização, simulação, geração de cenários, etc.) (SHIM et al., 2002; RAFAELI NETO, 2000).

Para a pesquisa, foram elaborados dois cenários, um para a agricultura convencional e outro para a agricultura orgânica, tendo os seguintes objetivos considerados: a maximização da receita líquida e da mão-de-obra e a minimização do uso de adubação e de defensivos químicos, para uma série de 10 anos de dados hidroclimáticos.

No cenário da agricultura convencional (C1), foram atribuídas prioridades iguais para a maximização da mão-de-obra e minimização do uso da adubação e de defensivos químicos, enquanto que no cenário da agricultura orgânica (C2), foi considerado apenas a maximização da mão-de-obra. Para a agricultura orgânica, conforme Santos e Santos (2008) a produtividade é 30% menor em relação à agricultura convencional, mas os preços de venda são bem mais elevados (em torno de 25% para frutas e 50% para os demais produtos).

Para análise multiobjetivo, foi utilizado (e adicionada funcionalidades) um modelo desenvolvido por Santos (2007), que é baseado em programação linear, utilizando o Toolbox Optimization do software MATLAB 6.5 com o Método dos Pontos Interiores para a busca da solução ótima. Para tanto, linearizações apropriadas das não-linearidades intrínsecas aos processos de cada um de seus componentes tiveram que ser pesquisadas e implementadas através do uso combinado do Artifício de Linearização por Segmentos e da Programação Linear Sequencial.

O modelo se destina a otimizar os múltiplos usos de um sistema de reservatórios, com a implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados. O mesmo trabalha com variáveis relacionadas aos elementos naturais, tais como: hidroclimáticos e hidroagrícolas, como também outras variáveis (demandas hídricas, características físicas dos componentes, etc.) identificadas no estudo do sistema hídrico. Para estes elementos, são definidas as informações necessárias ao modelo para a entrada de dados, envolvendo: os reservatórios, as demandas, calhas dos rios e perímetros irrigados.

A operação do reservatório e dos nós é fundamentada na equação do balanço hídrico destes, mesmo quando se faz uso de demandas fixas e variáveis. A demanda hídrica de um perímetro irrigado é determinada com base na necessidade suplementar líquida de irrigação, estabelecidas através do balanço hídrico no solo para as culturas selecionadas, estando a área a ser plantada limitada pelos demais usos do reservatório. O modelo também leva em consideração os diferentes tipos de sistemas de irrigação e suas necessidades de altura manométrica, as áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura, os custos de água e de produção, os aspectos econômicos e a combinação ou variação nas fontes de bombeamento e a quantidade de água captada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Manejo Convencional

Os resultados da pesquisa realizada no perímetro irrigado do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), através do processo de otimização multiobjetivo do modelo adaptado de Santos (2007), foram conforme a seguinte descrição: a Tabela 1 apresenta os dados das culturas do cenário C1 (manejo convencional, que foi maximizado a mão-de-obra e minimizado o uso de adubos e defensivos químicos). A área plantada total foi de 875 ha, que teve destaque as cultura da banana com uma área plantada de 352,5 ha indicando que essa cultura deve ser estimulada em função da receita líquida que foi de quase 5 milhões de Reais por ano (Figura 2) . Mediante a sazonalidade da cultura do limão, a receita líquida foi aproximadamente 4.356.000 Reais por ano. As culturas da banana, limão e pimentão (safra e entressafra) foram as culturas mais rentáveis no processo de otimização (Figura 3).

Tabela 1 - Resultados do Cenário C1 – Manejo Convencional (Insumo/ano).

DADOS DAS CULTURAS		MANEJO CONVENCIONAL (INSUMOS/ANO)				
Culturas	Area Plant(ha)	Rec.Liq(R\$)	Mao-de-Obra(H/D)	Defensivos(kg)	Adubacao(T)	QirrCultura(hm3)
cebola	9,00	13.867,71	1.899	108,00	6,30	0,0027
cebola entr	9,00	27.050,10	1.900	108,06	6,30	0,0092
goiaba	15,00	61.355,51	1.650	201,30	14,01	0,1203
mamao	15,00	101.267,32	2.880	255,00	14,01	0,1452
feijao entr	40,76	85.535,31	3.098	203,81	19,00	0,2415
feijao	40,76	55.381,49	3.098	203,81	19,00	0,1089
alface	32,70	316.145,16	5.101	228,90	30,54	0,0160
alface entr	32,70	415.075,50	5.101	228,90	30,54	0,0494
limao	50,00	4.355.985,88	5.650	408,50	46,70	0,4040
tomate	41,69	136.913,29	15.298	1.125,50	58,36	0,0690
tomate entr	41,69	256.984,99	15.298	1.125,50	58,36	0,1667
repolho	52,50	655.712,11	7.455	210,00	61,27	0,0270
repolho entr	52,50	837.052,82	7.455	210,00	61,27	0,0742
pimentao	44,70	857.897,93	8.582	1.564,50	62,58	0,0400
pimentao entr	44,70	1.086.420,80	8.582	1.564,50	62,58	0,1168
banana	352,50	4.996.361,46	75.082	2.467,50	246,75	4,3652
TOTAL CONV	875,20	14.259.007,40	168.131	10.213,78	797,56	5,9560

(ha – hectare; H/D – homem/dia; kg – quilograma; T – tonelada; QirrCultura – Vazão de irrigação)

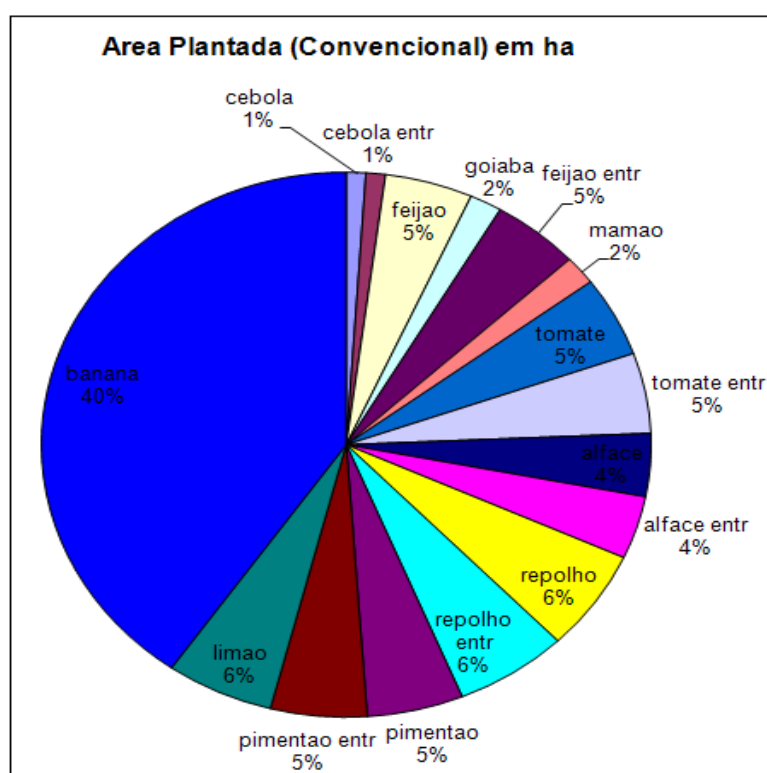


Figura 2 - Percentagem das áreas plantadas das culturas de manejo convencional.

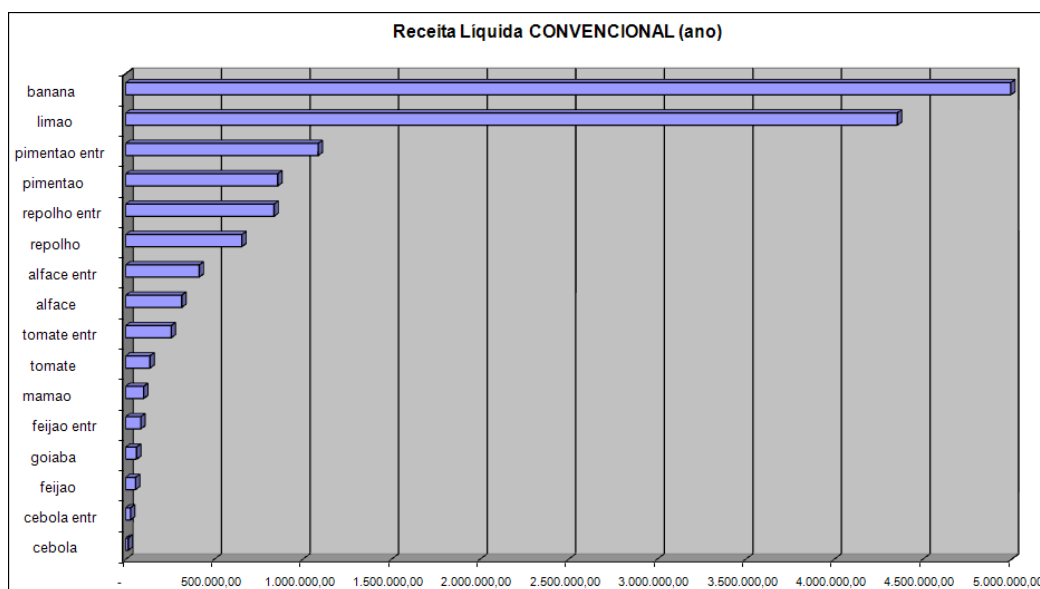


Figura 3 - Receita líquida por cultura no manejo convencional (em Reais por ano).

No que se diz respeito à mão-de-obra, que foi o aspecto social investigado, tiveram destaque as culturas da banana (com 75.082 homens/dia), do tomate (com 15.298 homens/dia), e do tomate entressafra (com 15.298 homens/dia), como visto na Figura 4. Enquanto que o uso de defensivos químicos nas culturas de banana, pimentão (safra e entressafra) e tomate (safra e entressafra) apresentaram um maior uso e consequentemente um maior custo e danos ao meio ambiente (Figura 5). Na adubação química as culturas de banana, pimentão (safra e entressafra), repolho (safra e entressafra) e tomate (safra e entressafra), tiveram um maior consumo e consequentemente custo e dano ambiental (Figura 6).

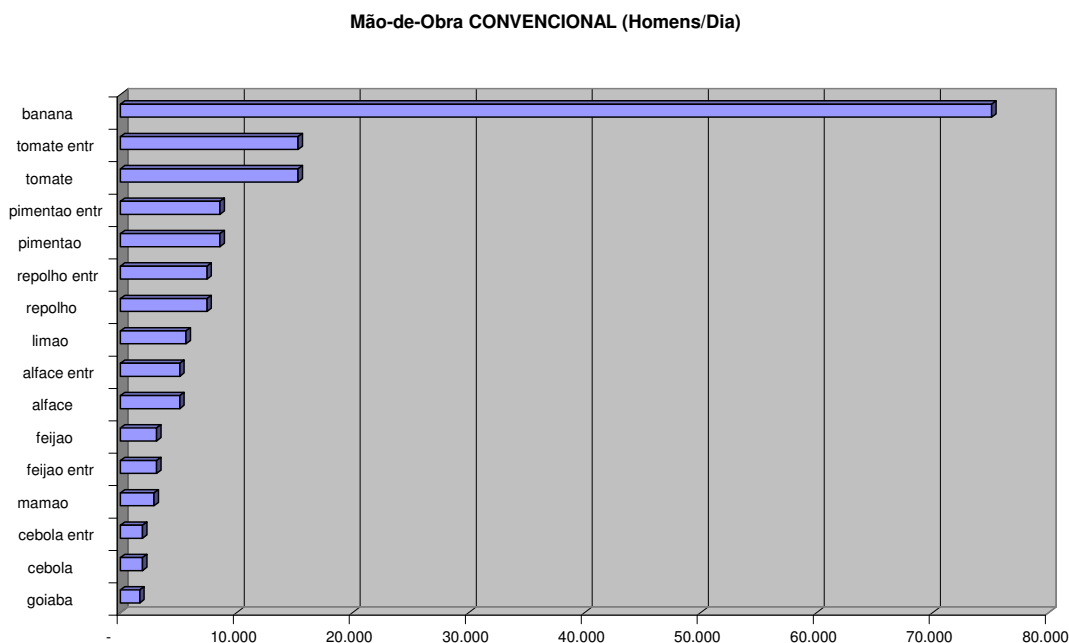


Figura 4 - Mão-de-obra por cultura no manejo convencional (em homens/dia).

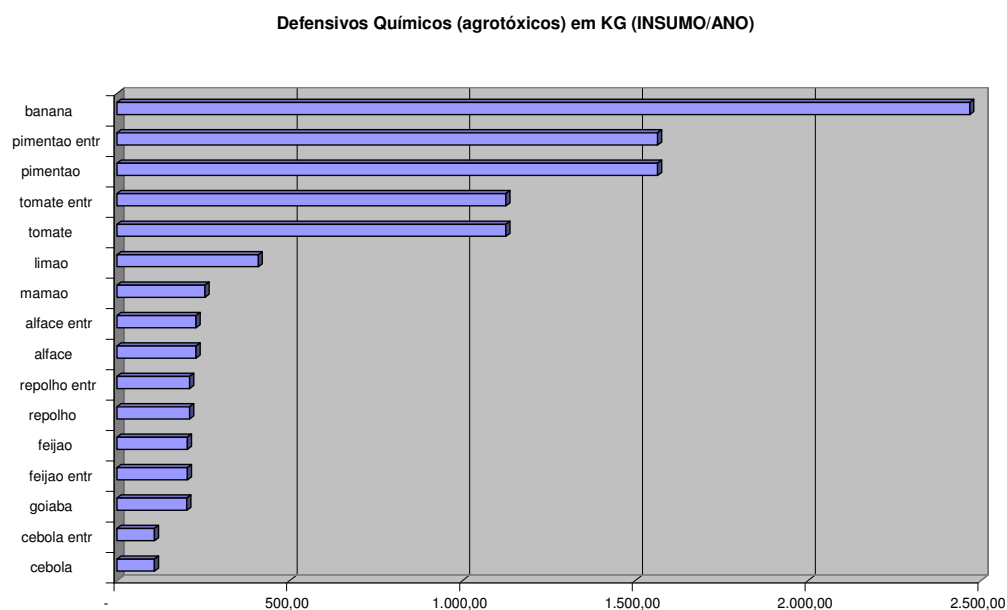


Figura 5 - Uso de defensivos químicos por cultura (em Kg por ano) no manejo convencional.

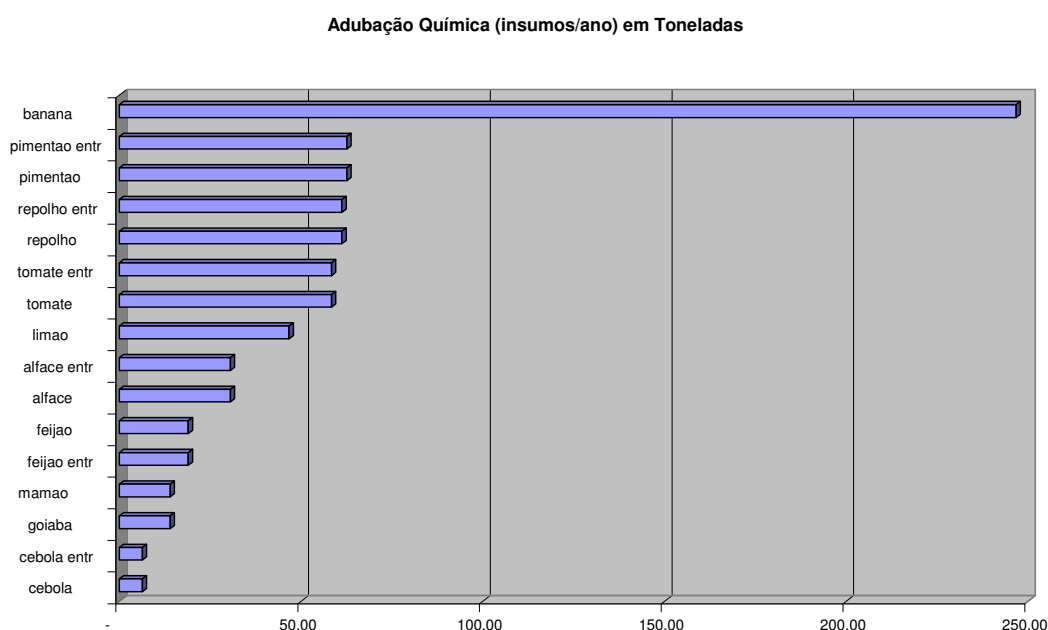


Figura 6 - Uso de adubação química por cultura (em Toneladas por ano) no manejo convencional.

3.2. Manejo Orgânico

Para o manejo orgânico, os dados foram conforme a seguinte descrição: a Tabela 2 apresenta os dados das culturas do cenário C2 (manejo orgânico, que foi maximizado a mão-de-obra). A área plantada total foi de 1.559 ha, que teve destaque as cultura da banana com uma área plantada de 352,5 ha, indicando que essa cultura deve ser estimulada em função da receita líquida que foi de quase 6 milhões de Reais por ano (Figura 7). Mediante a sazonalidade da cultura do limão, a receita líquida foi aproximadamente 4.686.000 Reais por ano. As culturas da banana, limão

e pimentão (safra e entressafra) foram as culturas mais rentáveis no processo de otimização multiobjetivo (Figura 8).

No que se diz respeito à mão-de-obra, que foi o aspecto social investigado, tiveram destaque as culturas da banana (com 75.083 homens/dia), do tomate (com 50.995 homens/dia), e do tomate entressafra (com 50.995 homens/dia), como exposto na Figura 9. O uso de defensivos e adubação química inexistente na agricultura de manejo orgânico.

Tabela 2 - Resultados do Cenário C2 – Manejo Orgânico (Insumo/ano).

DADOS DAS CULTURAS		MANEJO ORGANICO (INSUMOS/ANO)		
Culturas	Area Plant(ha)	Rec.Liq(R\$)	Mao-de-Obra(H/D)	QirrCultura(hm3)
goiaba	28,48	194.775,71	3.132	0,2283
alface entr	32,70	402.498,89	5.101	0,0494
alface	32,70	314.379,32	5.101	0,016
limao	50,00	4.685.264,91	5.650	0,404
cebola	30,00	73.434,85	6.330	0,0089
cebola entr	30,00	113.277,66	6.330	0,0306
repolho	52,50	653.911,68	7.455	0,027
repolho entr	52,50	807.689,76	7.455	0,0742
mamao	50,00	486.949,52	9.600	0,4841
feijao	135,88	176.033,86	10.326	0,3631
feijao entr	135,88	262.850,42	10.326	0,8049
pimentao	149,00	2.866.745,60	28.608	0,1333
pimentao entr	149,00	3.521.207,53	28.608	0,3892
tomate	138,95	682.388,04	50.995	0,2302
tomate entr	138,95	1.006.204,38	50.995	0,5557
banana	352,50	5.824.729,59	75.083	4,3652
TOTAL ORG	1.559,03	22.072.341,71	311.095,44	8,16

(ha – hectare; H/D – homem/dia; kg – quilograma; T – tonelada; QirrCultura – Vazão de irrigação)

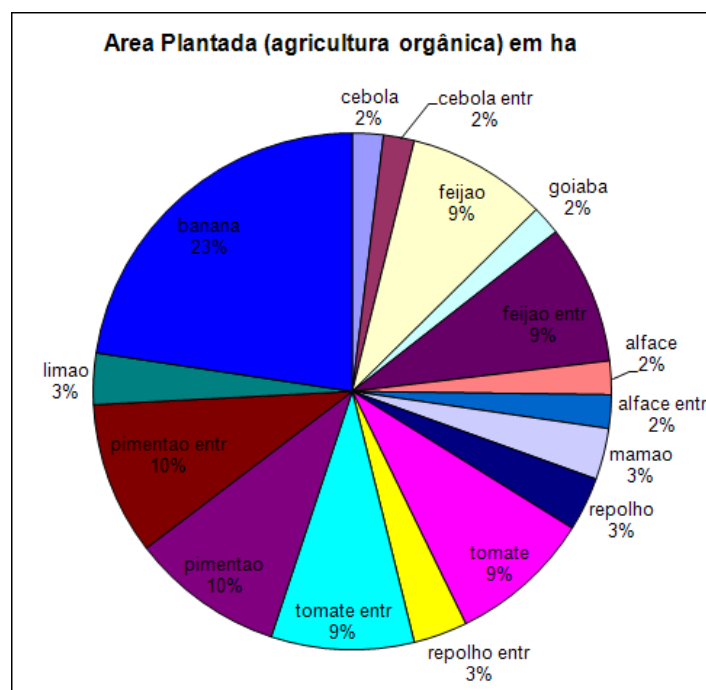


Figura 7 - Percentagem das áreas plantadas das culturas no manejo orgânico.

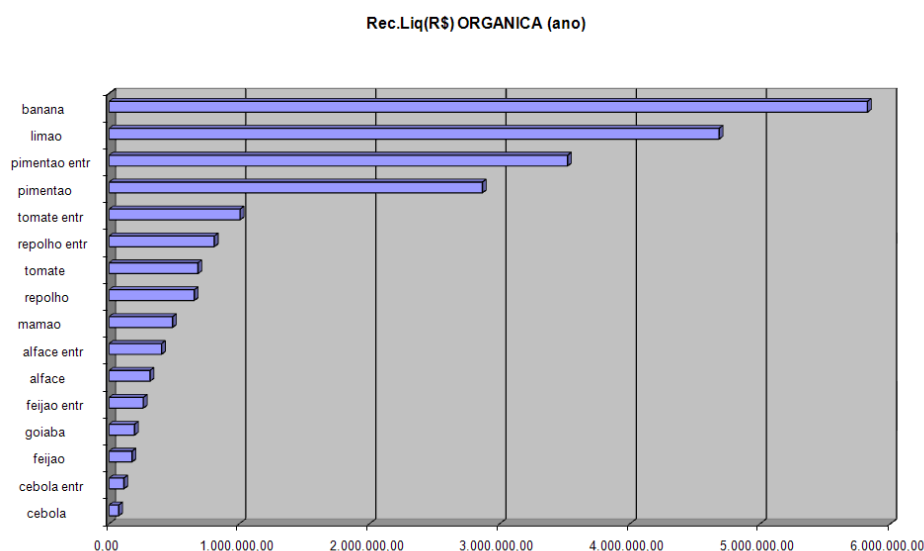


Figura 8 - Receita líquida por cultura no manejo orgânico (em Reais por ano).

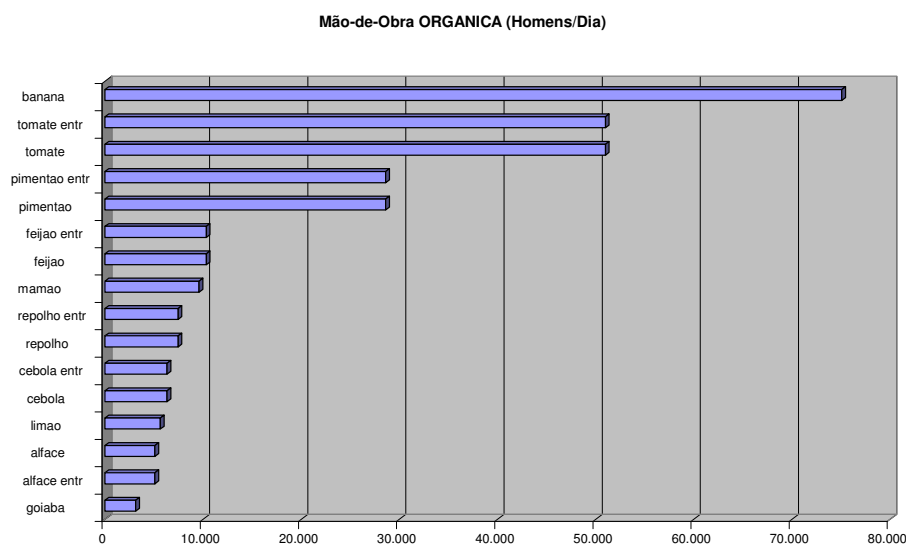


Figura 9 - Mão-de-obra por cultura no manejo orgânico (em homens/dia).

A Tabela 3 mostra os totais dos insumos agrícolas por ano para cada tipo de manejo. Observa-se um aumento de 178% de área cultivada com agricultura orgânica, de 155% da receita líquida e 185% mão-de-obra, em relação à agricultura convencional. Tal fato ocorreu devido ao caráter multiobjetivo do cenário 1 (C1), que além de maximizar a mão-de-obra deve também minimizar o uso de defensivos agrícolas e adubos químicos. Com relação a agricultura convencional a quantidade de adubos químicos e defensivos agrícolas foi de cerca de 797 toneladas/ano. O acréscimo da área plantada, em relação à área máxima (1.020 ha) se dá por causa das culturas sazonais (onde há casos de se plantar uma cultura duas vezes no ano).

Tabela 3 - Resumo dos Totais dos Manejo Convencional e Orgânico (INSUMOS/ANO).

Culturas	Área Plantada (ha)	Receita Líquida (R\$)	Mão-de-Obra (H/D)	Defensivos (kg)	Adubação (T)	QirrCultura (hm ³)
TOTAL C1 (convencional)	875,20	14.259.007	168.131	10.214	797,56	5,95
TOTAL C2 (orgânico)	1.559,03	22.072.341	311.095	0	0	8,16

(ha – hectare; H/D – homem/dia; kg – quilograma; T – tonelada; QirrCultura – Vazão de irrigação)

4. CONCLUSÕES

Conforme a pesquisa, utilizando o modelo adaptado multiobjetivo de Santos (2007), observa-se que a agricultura orgânica proporciona uma melhor relação custo/benefício comparado a agricultura convencional, onde se consegue 178% a mais de área plantada, 155% a mais de receita líquida, uma maior empregabilidade (185% a mais) e uma maior preservação do meio ambiente, pelo fato de se usar adubos e defensivos naturais em vez dos agroquímicos. Diante do exposto, a sustentabilidade é alcançada utilizando o manejo orgânico em vez do manejo convencional.

5. REFERÊNCIAS

- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. *Dados mensais de volumes do reservatório Eptácio Pessoa – Boqueirão*. 2008. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 27 de junho de 2008.
- AIAB – ASSOCIAÇÃO DOS IRRIGANTES DO AÇUDE BOQUEIRÃO. *Cadastro dos irrigantes*. 2008. Documento não publicado.
- ALTIERI, M. A. *AGROECOLOGIA: as bases científicas da agricultura alternativa*. Projeto Tecnologias Alternativas - FASE. Rio de Janeiro. 1989. 237p.
- ARAGÃO, TALITA GABRIELLE. *Sinergia e Sustentabilidade na bacia do Rio Paraíba utilizando-se o modelo de rede de fluxo Acquanet*. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2008.
- BARBOSA, PAULO S. F. *Modelos de programação linear em recursos hídricos*. In: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Organizado por Rubem La Laina Porto ... [et al]. 2ª Edição. Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. 2002. 420p.
- BURG, INÊS CLAUDETE; MAYER, PAULO HENRIQUE. *Alternativas ecológicas para prevenção de pragas e doenças*. 30ª Edição. Francisco Beltrão. PR. Gráfit Gráfica e Editora Ltda. 2006. 153p.
- CURI, W. F.; CURI, ROSIRES CATÃO . *CISDERGO: Cropping and Irrigation System Design with Reservoir and Groundwater Optimal Operation*. In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracajú - SE. Anais em CD-ROM, 2001. v. 1. p. 1-20. 2001a.
- CURI, W. F.; CURI, ROSIRES CATÃO. *ORNAP: Optimal Reservoir Network Analysis Program*. In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracajú - SE. Anais do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2001. v. 1. p. 1-20. 2001b.

- DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. *Estudo de viabilidade ambiental do açude público Epitácio Pessoa*. João Pessoa. DNOCS/SCIENTEC. 2007.
- DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA AS SECAS. *Relatório Açude Boqueirão*. Campina Grande, 1963. 8p.
- EMATER – EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *Cadastro dos irrigantes*. 2008. Documento não publicado.
- FERNANDES, M. C. A; RIBEIRO, R. L. D; AGUIAR-MENEZES, E. L. *Manejo ecológico de fitoparasitas*. In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis (Org.). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília. DF. 2005. 517p. p. 273-322.
- HORNE, J. E.; MCDERMOTT, M. *The next green revolution: essential steps to a healthy, sustainable agriculture*. New York: Food Products Press, 2001. 312p.
- MAGDOFF, FRED. *The World Food Crisis Sources and Solutions*. Monthly Review. 2009. Disponível em: <<http://monthlyreview.org/080501magdoff.php>>. Acesso em: 23 de abril de 2009. 19 p.
- PINHEIRO, SEBASTIÃO; AURVALLE, ANGELA; GUAZZELLI, MARIA JOSÉ. *Agropecuária sem veneno*. L&PM editores. 2ª Edição. Porto Alegre. RS. 128p. 1985.
- PRIMAVESI, ANA MARIA. *Fundamentos de Agroecologia*. In: Anais do Seminário de agricultura orgânica & familiar. Sistema de produção: sustentabilidade para a agricultura familiar. 169p. pags 23-39. Cati Edições. Campinas, 2001.
- PUCCINI, ABELARDO LIMA; PIZZOLATO, NELIO DOMINGUES. *Programação Linear*. 2ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro, RJ. 1989. 250p.
- RAFAELI NETO, S.L. *Sistemas de Apoio à Decisão Espacial: um contribuição à teoria em Geoprocessamento*. Universidade do Estado de Santa Catarina. Relatório Técnico. 2000.
- SANTOS, JOSÉ GERALDO RODRIGUES; SANTOS, EMMANUELLY CALINA XAVIER RODRIGUES. *Agricultura Orgânica: Teoria e Prática*. Campina Grande. EDUEP. 2008. 230p.
- SANTOS, V. S. *Um Modelo de Otimização Multiobjetivo para Análise de Sistemas de Recursos Hídricos*. Campina Grande: UFCG – Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. 144p. Dissertação de Mestrado. 2007.
- SEMARH - SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS. *PERH-PB – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Resumo executivo e atlas*. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba. AESA. Brasília. DF: Consórcio TC/BR - Concremat. 2006. 112p.
- SEMARH. *Levantamento Batimétrico do Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão/ PB*. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH. 2004.
- SHIM, J.P.; WARKENTIN, M.; COURTNEY, J.F.; POWER, D. J.; SHARDA, R.; CARLSSON, C. *Past, present and future of decision support technology*. Decision Support Systems 33. pags 111-126. 2002.
- TRIGUEIRO, A. et al. *Meio ambiente no século 21: especialistas falam da questão ambiental em suas áreas de conhecimento*. Ed. Sextante. ISSN 85-7542-077-1. Rio de Janeiro, RJ. 2003.
- VIEIRA, ZÉDINA MARIA DE CASTRO LUCENA. *Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água*. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em recursos naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2008.