

Planejamento agrícola de culturas perenes cultivadas no entorno do reservatório público Epitácio Pessoa, Boqueirão, Paraíba

Agricultural Planning perennial crops grown in the vicinity of public Epitacio Pessoa, Boqueirão, Paraíba

João Paulo de Oliveira Simões e Silvânia Lucas Santos

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo o planejamento agrícola de culturas perenes, cultivadas nas margens do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), visando maximizar a lucratividade e o potencial de utilização dos recursos hídricos do reservatório em anos com ocorrência de períodos de secas, garantindo o abastecimento urbano de 18 cidades. Para tanto foi empregado um modelo de otimização multiobjetivo, baseado em programação linear, desenvolvido por Santos et al. (2011), objetivando o atendimento da demanda de abastecimento urbano, a maximização da receita líquida auferida com as culturas agrícolas irrigadas (benefício econômico), e da mão de obra empregada nas áreas irrigadas (benefício social) e a minimização do uso de adubos e defensivos químicos (benefício ambiental). Utilizaram-se dados hidroclimáticos referentes aos anos de 1995 a 2004, caracterizado por apresenta um grande período de seca (1998 a 2003). Os resultados demonstraram que só é possível cultivar, de maneira sustentável e garantindo o abastecimento urbano, cerca de 100 ha de coco e 178 ha de banana. Observa-se que tais resultados foram influenciados pelos déficits hídricos do período pluviométrico estudado.

Palavras-chave: planejamento agrícola, otimização, agricultura sustentável

Abstract: The present work aimed to agricultural planning of perennial crops grown on the banks of the reservoir Epitácio Pessoa (Boqueirão) in order to maximize profitability and potential use of water resources of reservoir in years with occurrence of droughts periods, ensuring the urban supply of 18 cities. A model of multi-objective optimization, based on linear programming, was used. It has been developed by Santos et al. (2011) to meet the urban water demand, maximization of irrigated crop plantation net profit (economic benefit), and the labor employed in irrigated areas (social benefit), while minimizing the use of fertilizers and chemical pesticides (environmental benefit). Hydro climatic data related to years of 1995 the 2004, characterizing a large dry period (1998-2003), were used. The results showed that it is only possible cultivate about 100 ha of coconut and 178 ha of banana in a sustainable manner, while ensuring urban water supply. These results were influenced by water deficit years within the studied period.

Keywords: agricultural planning, optimization, sustainable agriculture

Recebido em 22 10 2013 e aceito 20 12 2013

- 1) Possui graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFCE (2009) - Campus Limoeiro do Norte, Ceará. Possui Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG / Paraíba. Tem experiência na área de Recursos Naturais e Irrigação, com ênfase em Recursos Hídricos, Irrigação e Drenagem
- 2) Graduada em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo IFCE, campus Limoeiro do Norte (2010). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG (2013), com área de concentração em Engenharia Sanitária. Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba

Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 01 - 08, dezembro, 2013 (N.T.)

INTRODUÇÃO

Em cerca de meio século de hegemonia do modelo de desenvolvimento para o campo difundido a partir da Revolução Verde – expansão de monocultivos por grandes empresas agrícolas, mecanização da produção, intensiva utilização de insumos químicos, incorporação da biotecnologia – ainda são pouco visíveis, do ponto de vista científico, as implicações para as questões fundiária, ambiental, cultural e de saúde (RIGOTTO et al., 2012).

A seleção de espécies, a aplicação de agroquímicos na agricultura, conjugadas com o avanço industrial baseado em fontes de energia poluentes, além dos subprodutos do consumismo desenfreado da humanidade detentora de riquezas, que é a base da Revolução Verde ou da agricultura convencional, têm provocado a extinção crescente de espécies de animais e vegetais do planeta (BARROS & SILVA, 2010). Este sistema ampliou a monocultura, a concentração de terras, de renda e de poder político dos grandes produtores. Elevou também a intensidade do trabalho, a migração campo-cidade e o desemprego rural (PORTO & MILANEZ, 2009).

Segundo Altieri (2008), as estratégias de desenvolvimento utilizadas para a implementação do modelo agrícola convencional revelaram-se fundamentalmente limitadas em sua capacidade de promover um desenvolvimento equânime e sustentável.

Como uma alternativa ao modelo predatório imposto pela agricultura convencional, ergue-se o paradigma da sustentabilidade agrícola, que propõe um desenvolvimento fundamentado na conservação dos recursos naturais e assegurando, também, às gerações futuras a utilização desses recursos. Desta forma, a agricultura sustentável pode significar ainda um caminho para garantir a segurança alimentar de uma parcela considerável da sociedade de hoje e do futuro (VIEITES, 2010).

Observa-se, atualmente, que a população mundial vem construindo gradativamente uma consciência ecológica diante da fragilidade do modelo vigente, evidenciando assim, a necessidade da implantação de um desenvolvimento sustentável, que seja capaz de considerar como um todo os fatores econômicos, sociais e ecológicos (BRANDERBURG, 2005; MACHADO, 2009; GIORDANO, 1995).

Alencar (2009) ressalta que a necessidade de otimizar o uso dos insumos, ou seja, dos recursos naturais - como a água, os solos, os adubos e defensivos (químicos ou orgânicos), dentre outros, é fundamental. Faz-se necessário usar técnicas que melhor se harmonizem com

as políticas de gestão ambiental, enquanto maximize os benefícios socioeconômicos e ambientais.

O interesse em estudar técnicas de otimização para o planejamento dos setores produtivos, dentre eles o setor agrícola, tem aumentado significativamente nos últimos anos, principalmente por conta da preocupação crescente com o impacto de gestão e administração equivocadas de empresas e de diferentes organizações. As técnicas de otimização buscam uma solução ótima do problema, isto é, que resulte no melhor desempenho possível do sistema, de forma a atender aos objetivos estabelecidos para a operação do sistema.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um planejamento de culturas agrícolas perenes, sob o manejo de produção convencional praticada no entorno do reservatório Eptácio Pessoa (Boqueirão) para um período de estudo de 10 anos (1995-2004), verificando o potencial de utilização dos recursos hídricos do reservatório em anos com ocorrência de períodos de secas, a rentabilidade e o potencial de produção no cultivo de culturas perenes. Foram analisados os benefícios econômicos (maximização das receitas líquidas auferidas com as culturas), sociais (maximização da mão de obra empregada nas áreas irrigadas e atendimento do abastecimento urbano) e ambientais (minimização do uso de agroquímicos). Para tanto foi utilizado um modelo de otimização, baseado em programação linear desenvolvido por Santos et al. (2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo selecionada para o planejamento agrícola das culturas perenes, nas áreas irrigadas do município de Boqueirão, Estado da Paraíba, caracteriza-se por apresentar baixas precipitações pluviométricas e elevadas taxas evaporativas, localizada geograficamente entre as coordenadas 07°28'04'' e 07°33'32'' de latitude sul, 36°08'23'' e 36°16'51'' de longitude oeste, a 420 m de altitude.

A região estudada abrange a bacia hidrográfica do reservatório Eptácio Pessoa (mais conhecido como açude Boqueirão), um dos sistemas hidrográficos mais importantes do semiárido nordestino. Sua bacia de contribuição cobre uma área de 12.410 km², sendo atualmente sua capacidade de acumulação de aproximadamente 411.686.287 m³ na cota 361 m (SEMARH, 2004; DNOCS, 2007).

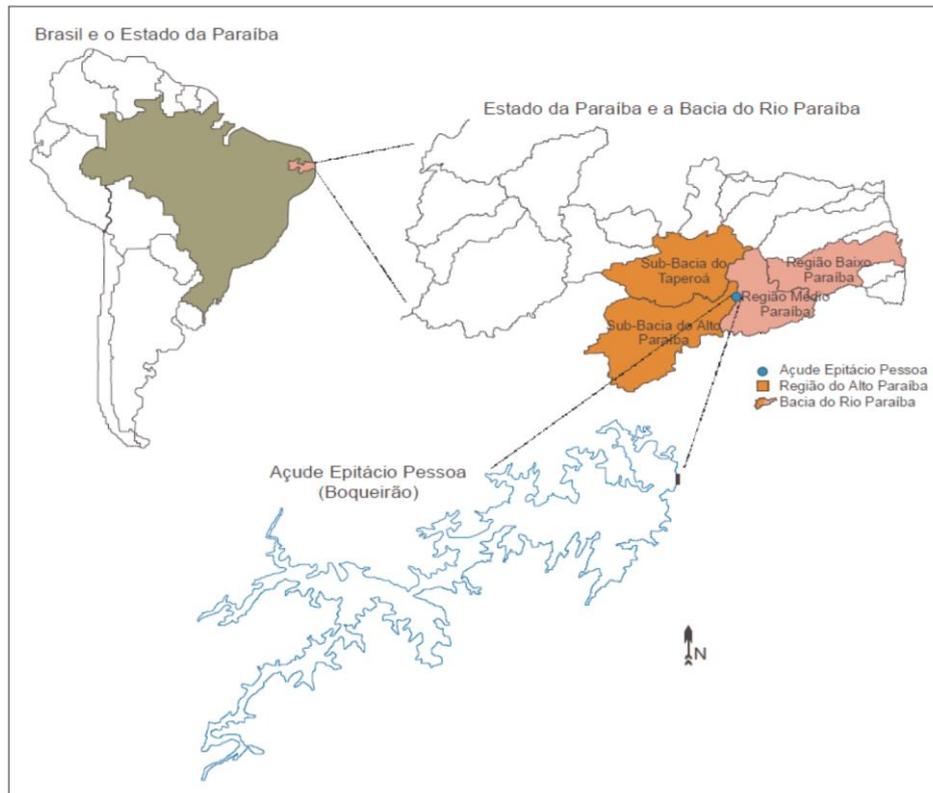


Figura 1. Mapa de localização do reservatório público Epitácio Pessoa, Estado da Paraíba

A bacia hidrográfica do reservatório Epitácio Pessoa apresenta como características hidrológicas uma pluviometria média anual de 661 mm, deflúvio médio anual de $138 \times 10^6 \text{ m}^3$, vazão regularizada líquida de $2,24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para uma garantia de 90% de permanência, além de uma lâmina d'água que abrange uma superfície de 2680 ha. Suas águas são utilizadas para o abastecimento público de diversos municípios; para a perenização do trecho do rio Paraíba a jusante do reservatório; para o abastecimento rural das propriedades situadas nas margens do açude; para a dessedentação animal; para a irrigação praticada por concessionários do DNOCS e particulares nas margens do açude; para a prática de piscicultura extensiva e intensiva; para o turismo e o lazer (DNOCS, 2007).

Os dados e informações utilizadas para análise do desempenho do sistema hídrico e do potencial de produção das culturas agrícolas selecionadas, do referido local de estudo, abrangem informações hidroclimáticas, dados do reservatório, dados hidroagrícolas, características das culturas agrícolas, além de aspectos socioeconômicos e ambientais.

As demandas hídricas consideradas no reservatório dizem respeito ao abastecimento urbano de 18 cidades através dos sistemas adutores Boqueirão e Cariri, e a

irrigação de uma área de 1020 hectares nas margens do reservatório. As demandas de abastecimento urbano foram estimadas para um horizonte de 10 anos tendo como base um estudo realizado pela AAGISA – Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba (AAGISA, 2004).

As principais culturas agrícolas perenes cultivadas são: mamão, banana, limão, goiaba e coco. Na Tabela 1, a seguir, são apresentados os dados característicos das culturas agrícolas perenes selecionadas nesta pesquisa. Os dados agrícolas empregados, produtividade, custos de produção e a mão de obra empregada, foram extraídos de Alencar (2009) e atualizados conforme as planilhas do Manual de Orçamento Agropecuário, disponibilizados pelo Banco do Nordeste do Brasil S/A (BNB, 2012).

Os preços de venda dos produtos agrícolas, em (R\$/kg), foram obtidos da Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA, 2012), reduzindo-se 30% do preço dos produtos convencionais para contabilizar o ganho do atravessador. As áreas máximas estipuladas para cada cultivo foram obtidas através da Associação dos Irrigantes do Município de Boqueirão (AIAB, 2012).

Tabela 1. Dados característicos das culturas agrícolas perenes

Culturas	Preço (R\$/kg)	Produtividade (kg/ha/ano)	Custos de produção (R\$/ha)	Mão de obra (diárias)	Sistema de irrigação	Área máxima (ha)
Mamão	1,05	15.000	7.490,02	164	Microaspersão	100
Banana	0,91	40.000	13.097,00	160	Microaspersão	600
Limão	0,56	30.000	6.582,52	88	Microaspersão	100
Goiaba	1,12	18.000	6.706,58	95	Microaspersão	100
Coco	1,09	40.000	4.037,00	76	Microaspersão	100

Os dados hidroclimáticos de pluviometria, evaporação e vazões afluentes mensais utilizados foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2012), correspondendo a um recorte temporal de 10 anos caracterizados por períodos de secas, apresentando problemas de restrições hídricas.

Planejamento agrícola em períodos de seca

Para a realização do planejamento agrícola em períodos de seca observou-se, primeiramente, na série pluviométrica os anos que apresentam déficits

consideráveis (1998 a 2003). Em tais anos foi reduzido o suprimento hídrico das culturas agrícolas até o déficit hídrico tolerável. Foram determinadas as produtividades mínimas para cada cultura agrícola, no período seco, tendo como base a utilização do déficit hídrico tolerável e do fator de resposta das culturas agrícolas (ky). Nos demais anos (1995 a 1997 e em 2004) o suprimento hídrico é normalizado.

A Tabela 2 apresenta o fator de resposta (ky), déficit hídrico tolerável e a produtividade das culturas agrícolas estudadas.

Tabela 2. Fator de resposta (ky), déficit hídrico tolerável e a produtividade das culturas agrícolas

Culturas	ky	Déficit hídrico tolerável (%)	Produtividade (kg/ha)
Mamão	1,45	20	10650
Banana	1,27	30	24760
Limão	0,95	25	22875
Goiaba	1,20	30	11520
Coco	0,80	30	30400

O fator de resposta da cultura (ky) relaciona a queda de produtividade $(1 - Y_r/Y_m)$ com o déficit de evapotranspiração relativa $(1 - E_{Tr}/E_{Tm})$, como mostra a Eq. 1. Um déficit hídrico de certa magnitude, expresso como a relação entre a evapotranspiração real (E_{Tr}) e a evapotranspiração máxima (E_{Tm}) pode ocorrer tanto de forma contínua durante todo o período de crescimento da cultura como durante em qualquer uma das fases específicas de crescimento, isto é, fase de estabelecimento, crescimento vegetativo, floração, formação da colheita ou de maturação (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

$$(1) \quad \left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = ky * \left(1 - \frac{E_{Tr}}{E_{Tm}}\right)$$

Em que:

Y_r - Produtividade real, kg ha⁻¹;

Y_m - Produtividade máxima, kg ha⁻¹;

Ky - Fator de resposta da cultura, adimensional;

E_{Tr} - Evapotranspiração real, mm; e

E_{Tm} - Evapotranspiração máxima, mm.

Crítérios operacionais

Os critérios operacionais idealizados para todos os cenários observaram os seguintes pressupostos:

- O volume inicial do reservatório Boqueirão foi estabelecido como sendo 70% da capacidade do mesmo, correspondente ao menor valor do dia 1º de janeiro da série histórica dos volumes de água do reservatório;
- O volume do reservatório, ao final do período de estudo, deve ser maior ou igual ao volume inicial, garantindo a sustentabilidade hídrica das atividades econômicas;
- O volume meta do reservatório, em todos os meses, foi considerado igual à capacidade do mesmo.

Para a operação da área irrigada foram observados os seguintes pressupostos:

- O calendário agrícola estabelecido para a área irrigada é mantido invariável para todos os cenários estudados e as culturas agrícolas permanentes estão em plena capacidade de produção;
- No cálculo das demandas de irrigação considerou-se não existir dotação por capilaridade na zona radicular das plantas;
- Quanto à capacidade do sistema adutor para o perímetro irrigado considerou-se um sistema formado de 5 bombas com uma vazão de $1,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ trabalhando 20 horas por dia.

Para análise da operação do sistema estudado foram considerados os seguintes objetivos para todos os cenários avaliados:

- Minimização do déficit do atendimento das demandas de abastecimento urbano através das tomadas d'água

(1ª prioridade);

- Maximização da receita líquida auferida com a agricultura irrigada no perímetro irrigado (2ª prioridade);
- Maximização da mão de obra proveniente da agricultura irrigada no perímetro irrigado (3ª prioridade);
- Minimização do uso de adubação química e de defensivos químicos na agricultura irrigada (4ª prioridade); e
- Minimização do déficit do atendimento do volume meta do reservatório Eptácio Pessoa (5ª prioridade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A demanda da adutora de abastecimento urbano, conforme Figura 2, foi atendida plenamente. Não houve falhas no atendimento às vazões requeridas ao longo dos 10 anos de operação.

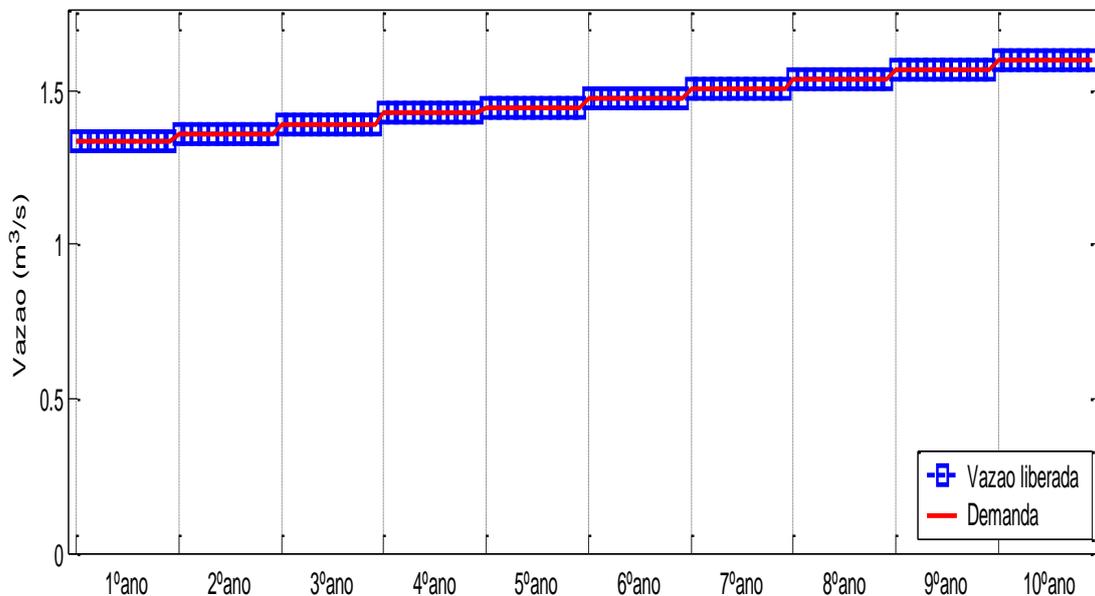


Figura 2. Vazões liberadas e demandas para o atendimento da adutora de abastecimento urbano

Quanto ao comportamento hídrico do reservatório, ao longo do período estudado, observa-se através da Figura 3 que a sua sustentabilidade hídrica foi atendida. De acordo com Curi & Curi (2001), para garantir a sustentabilidade hídrica do sistema é necessário que o volume final do reservatório seja igual ou maior que seu volume inicial.

Como esta série pluviométrica (1995-2004) apresentou severos períodos de estiagens, observa-se que em alguns anos seus volumes operacionais ficaram bem baixos, próximos do volume morto, recuperando-se no último ano analisado.

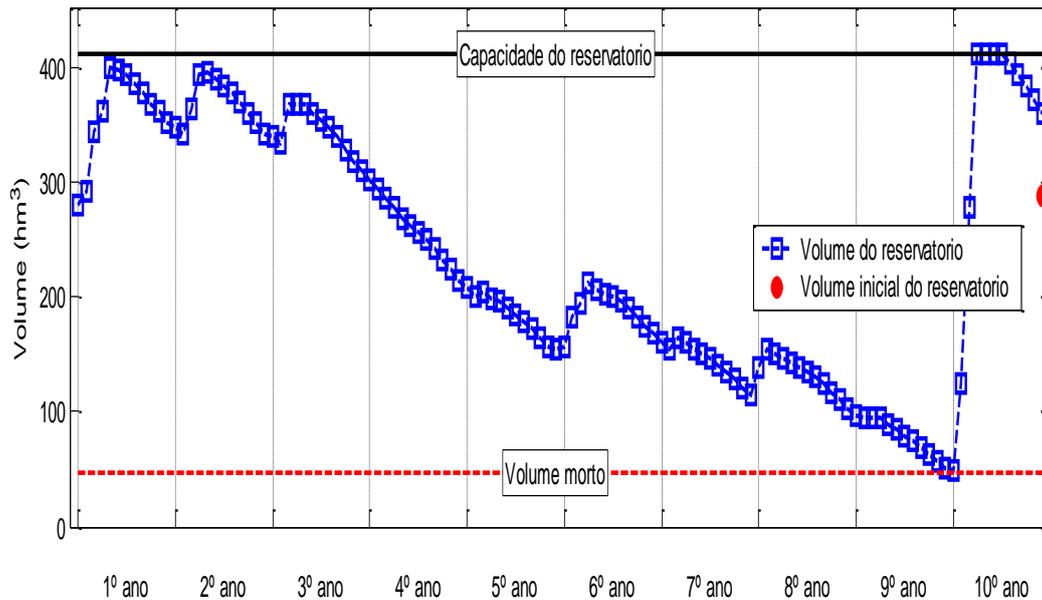


Figura 3. Comportamento hídrico do reservatório público Epitácio Pessoa e suas variabilidades volumétricas

A Tabela 3 apresenta os valores médios anuais das áreas alocadas para as culturas agrícolas perenes com suas respectivas receitas líquidas, mão de obra utilizada, as quantidades de insumos químicos utilizados (adubos e defensivos) e o volume requerido de irrigação para cada

cultivo. Observa-se que a área total cultivada foi de 278,41 ha, destacando-se a seleção das culturas agrícolas da banana e do coco. Tais culturas apresentaram-se mais toleráveis ao déficit hídrico do período estudado, mais rentáveis e com maior potencial de produção.

Tabela 3. Resultados da agricultura irrigada para o manejo convencional das culturas perenes

Culturas	Área plantada (ha)	Receita líquida (R\$)	Mão de obra (diárias)	Adubos defensivos (T)	+ Consumo hídrico (hm ³)
Mamão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Banana	178,41	3.768.053,10	28.546	126,14	2,29
Limão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Goiaba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coco	100,00	3.233.338,09	7.600	88,90	0,95
Total	278,41	7.001.391,19	36.146	215,04	3,24

A receita líquida total auferida durante os 10 anos de estudo com o cultivo destas culturas foi de R\$ 7.001.391,19. A cultura da banana apresentou uma maior lucratividade, gerando uma receita líquida de R\$ 3.768.053,10, para uma área total cultivada de 178,41 ha. A cultura do coco gerou uma receita líquida de R\$ 3.233.338,09, em uma área total de 100 ha.

Quanto aos benefícios sociais, gerados através da alocação de mão de obra, a cultura da banana também se destacou com um total de 28.546 diárias em uma área de plantio de 178,41 ha. Ao todo, foram alocados 36.146

postos de trabalho para as áreas irrigadas com as culturas perenes. O total de adubos e defensivos químicos utilizados nas áreas das culturas foi de 215,04 t ano⁻¹, com um uso de 126,14 t na cultura da banana e 88,90 t na cultura do coco.

As áreas alocadas com as culturas agrícolas perenes, ao longo dos 120 meses estudados, podem ser visualizadas através da Figura 4. O modelo apresentou, para obtenção dos melhores resultados, uma área cultivada total de 278,41 ha por ano, distribuídos anualmente com 178,41 ha para a cultura da banana e 100 ha para o cultivo do coco.

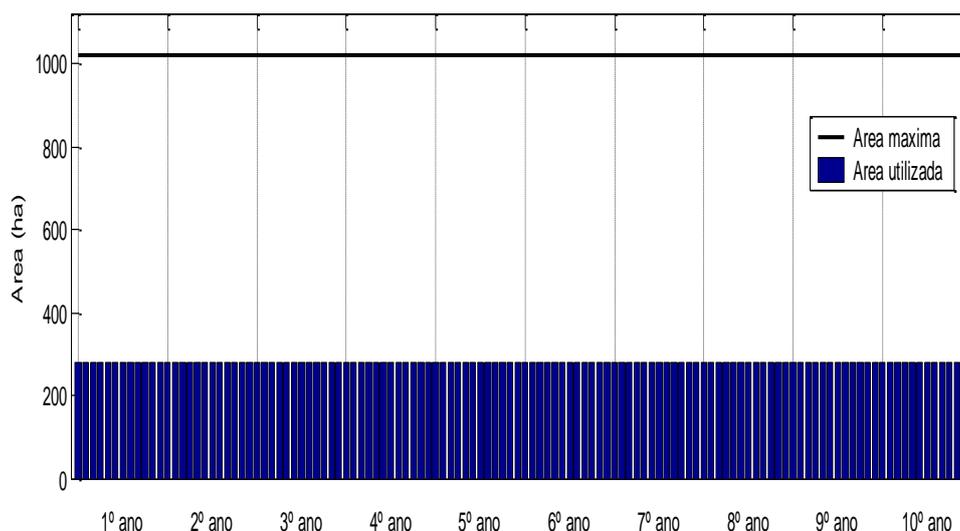


Figura 4. Alocação da área plantada para as culturas agrícolas perenes irrigadas

A Figura 5 ilustra as vazões aduzidas para as áreas irrigadas, durante todo o período investigado. As maiores vazões requeridas para o atendimento das necessidades hídricas das culturas ocorreram no segundo período de

cada ano (2º semestre), coincidindo com os meses de menor pluviosidade (estação seca). As vazões de irrigação aduzidas para as parcelas irrigadas, durante os 10 anos de estudo, apresentaram uma média mensal de $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

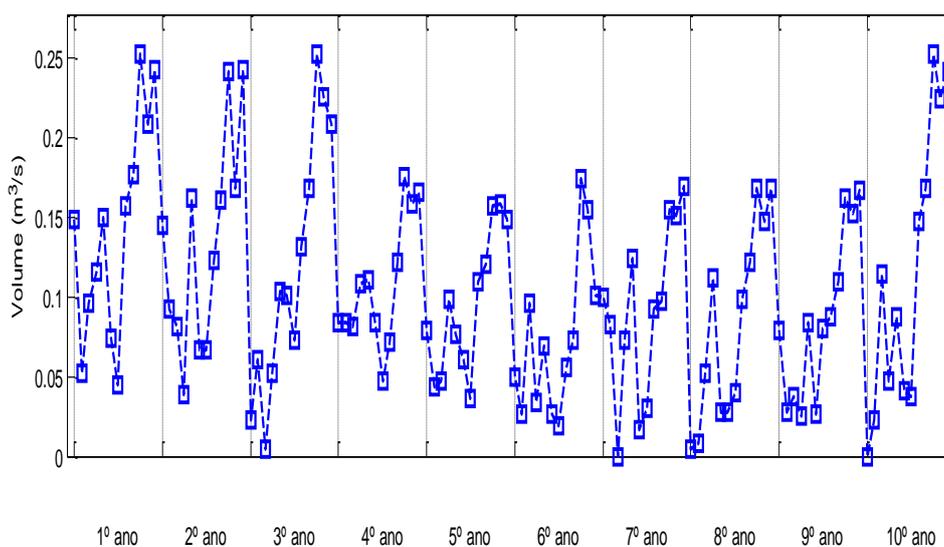


Figura 5. Vazões aduzidas para as áreas irrigadas com as culturas agrícolas permanentes

CONCLUSÕES

As demandas de abastecimento urbano e irrigação foram atendidas plenamente, durante todo o período investigado. O reservatório atendeu a condição de sustentabilidade hídrica, ficando o seu volume final maior que o volume inicial estabelecido.

Os melhores benefícios econômicos e sociais foram gerados com a alocação de áreas para as culturas da banana e do coco. Tais culturas agrícolas apresentaram-se

mais tolerantes ao déficit hídrico do período estudado, mais lucrativas e com maior potencial de produção.

Tendo em vista o exposto, é possível concluir que é de suma importância o planejamento otimizado das atividades agrícolas, evitando com isso maiores riscos e auxiliando os produtores no processo de tomada de decisão estratégica do setor.

REFERÊNCIAS

- AAGISA. Agência de Águas, Irrigação e Saneamento do Estado da Paraíba. **Sustentabilidade hídrica do açude Epitácio Pessoa**. João Pessoa - PB, 2004. 54p.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Planilha com dados de precipitação para a estação do reservatório Epitácio Pessoa, período de 1994 a 2011**. Campina Grande - PB, 2012.
- AIAB. Associação dos Irrigantes do Açude Boqueirão. **Cadastro de áreas irrigadas**. Documento não publicado. Boqueirão - PB, 2012.
- ALENCAR, V. C. **Análises multiobjetivo, baseada em programação linear, e comparativa para agriculturas de manejo convencional e orgânico**. Campina Grande: UFCG, 2009. 237p. Tese Doutorado.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 117p.
- BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. P. Práticas agrícolas sustentáveis como alternativa ao modelo hegemônico de produção agrícola. **Revista, Sociedade e Desenvolvimento Rural**, v.4, n.2, p.89-103, 2010.
- BNB. Banco do Nordeste do Brasil. **Planilhas de orçamentos agrícolas 2012**. Disponível em meio digital. Campina Grande - PB, 2012.
- BRANDENBURG, A. Ciências sociais e ambiente rural: principais temas e perspectivas analíticas. **Revista Ambiente e Sociedade**, v.8, n.1, p.1-14, 2005.
- CURI, W. F.; CURI, R. C. CISDERGO: Cropping and Irrigation System Design with Reservoir and Groundwater Optimal Operation. In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos. **Anais do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa**, Aracaju - SE, 2001.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Estudo da viabilidade ambiental do açude público Epitácio Pessoa**. João Pessoa - PB, 2007.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Editora da Universidade Federal da Paraíba, 2004. 306p.
- EMPASA. Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas. **Cotação de preços dos produtos agrícolas**. Documento não publicado. Campina Grande - PB, 2012.
- GIORDANO, S. R. Agricultura sustentável: novos desafios para o agribusiness. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.30, p.77-82, 1995.
- MACHADO, A. Q. T. A educação ambiental comunitarista e a agroecologia intervindo na agricultura familiar. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v.22, p.323-336, 2009.
- PORTO, M. F.; MILANEZ, B. Eixos de desenvolvimento econômico e geração de conflitos socioambientais no Brasil: desafios para a sustentabilidade e a justiça ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.14, p.1983-1994, 2009.
- RIGOTTO, R. M.; CARNEIRO, F. F.; MARINHO, A. M. C. P.; ROCHA, M. M.; FERREIRA, M. J. M.; PESSOA, V. M.; TEIXEIRA, A. C. A.; SILVA, M. L. V.; BRAGA, L. Q. V.; TEIXEIRA, M. M. O verde da economia no campo: desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.17, n.6, p.1533-1542, 2012.
- SANTOS, V. S.; CURI, W. F.; CURI, R. C.; VIEIRA, A. S. Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistema de recursos hídricos I: metodologia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p.49-60, 2011.
- SEMARH. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais. **Levantamento batimétrico do açude Epitácio Pessoa**. Boqueirão - PB, 2004.
- VIEITES, R. G. Agricultura sustentável: uma alternativa ao modelo convencional. **Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Paraná, v.5, n.2, p.01-12, 2010.