

## INDICADORES ECONÔMICOS DA RECUPERAÇÃO DE UM SOLO SÓDICO EM CONDIÇÕES DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA NO VALE DO CURU, CE

**Raimundo Nonato Távora Costa<sup>1</sup>; Luís Carlos Uchoa Saunders<sup>1</sup>; Nemézio Moreira de Oliveira Júnior<sup>2</sup>; José Valdeci Biserra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. CEP 60455-760. E-mail: rntcosta@fortalnet.com.br*

<sup>2</sup>*Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, João Pessoa, PB.*

<sup>3</sup>*Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.*

### 1 RESUMO

Na presente pesquisa, foram utilizados quatro métodos para avaliação de investimentos: relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e período “payback” para analisar a viabilidade econômica da recuperação de um solo sódico em condições de drenagem subterrânea, no Vale do Curu, município de Pentecoste, CE. A área do experimento, foi inicialmente submetida a um manejo integrado de recuperação constituído pela associação de tratamentos mecânicos, químico e vegetativo. Em seguida, realizou-se um monitoramento do processo de recuperação do solo, obtendo-se valores de características químico-hídricas, que demonstravam uma melhoria significativa nas suas condições de drenabilidade, causando uma mudança nos níveis, de muito fortemente sódico para não sódico (PST < 10%). A análise dos indicadores de rentabilidade relação benefício/custo, valor presente líquido e taxa interna de retorno evidenciou viabilidade econômica do processo de recuperação do solo, porém o período “payback” de oito anos, inviabiliza referido processo de recuperação.

**UNITERMOS:** sodicidade, drenos laterais, indicadores econômicos.

**COSTA, R. N.T., OLIVEIRA JÚNIOR, N. O.; SAUNDERS, L.C.U.; BISERRA, J. V.  
ECONOMIC INDICATORS OF THE RECLAMATION OF SODIC SOIL IN  
UNDERGROUND DRAINAGE CONDITIONS**

### 2 ABSTRACT

The present research was carried out in a drained wet area at the experimental drainage field of Curu valley, Ceara, Brazil. The main objective of the research was to analyze the economical evaluation of the reclamation process in an alluvial sodic soil through cost-benefit relation, net present value, “internal return rate” and payback. The first part of the research studied the combined effects of mechanical, chemical and vegetative treatments in reclaiming the alluvial halomorphic vertisol. After this, the evolution of physical and chemical parameters of this soil was analyzed. The results of these analyses showed the soil characteristics have changed and the soil could be classified as normal, according to the standards of the salinity and alkalinity (ESP < 10%). Considering the experimental conditions, the analysis of the economical indicators of cost-benefit relation, net present value and “internal return rate” showed that investing in management of the soil reclamation is profitable, whereas payback showed not to be feasible.

**KEYWORDS:** sodicity, lateral drains, economic indicators.

### 3 INTRODUÇÃO

A recuperação de solos afetados por sais, deve seguir uma aplicação criteriosa de tecnologia específica desenvolvida para as condições peculiares de cada região. Visando propiciar condições favoráveis de umidade, aeração e balanço de sais ao sistema radicular das culturas, faz-se mister a instalação de um sistema de drenagem subterrânea em áreas irrigadas, o que constitui uma das principais infra-estruturas no processo de dessalinização dos solos, além de prevenir e solucionar os problemas associados à elevação do lençol freático. Na recuperação de solos sódicos, que constituem os que apresentam o maior grau de degradação, deve-se fazer o uso de corretivos que contenham cálcio solúvel, bem como práticas mecânicas adequadas.

A deficiência no suprimento de energia elétrica, a escassez de recursos técnicos e financeiros e a qualidade da água de irrigação, dentre outros fatores limitantes, levam o irrigante nordestino a utilizar, em grande escala, a irrigação por superfície para desenvolver suas atividades olerícolas e frutícolas, especialmente no Vale do Curu, Ceará, onde se desenvolveu a presente pesquisa. Conforme Walker e Skogerboe (1987), a prática da irrigação por superfície data de milhares de anos e representa coletivamente a prática da irrigação mais comum na atualidade. Dentre as vantagens da utilização desse método de irrigação, os autores citam o mínimo de inversão de capital necessário para se desenvolver a prática.

Visando analisar economicamente o processo de recuperação de um solo neossolo sódico, utilizaram-se os indicadores de rentabilidade relação benefício/custo (B/C), valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), considerando um horizonte temporal de avaliação econômica de um projeto de investimento de 10 anos.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área irrigada DS-2 da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, município de Pentecoste, CE. O solo da área do experimento foi classificado por Coelho (1971) como solo Aluvial Vértico Halomórfico (salino-sódico), horizonte A fraco, textura argilosa. Após sua utilização, por sucessivos anos com a cultura do arroz sob regime de irrigação por inundação, sem um critério de manejo adequado, o solo da área do experimento degradou-se ainda mais, vindo a tornar-se um solo sódico.

A área do experimento (de solo sódico) foi inicialmente submetida por Costa (1988) a um manejo integrado de recuperação constituído pela associação de tratamentos mecânicos, químico e vegetativo. Inicialmente cultivou-se feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, D.C.), procedendo-se, na época da floração, a incorporação de sua massa verde através de duas gradagens cruzadas e profundas em toda área do experimento. Incorporou-se gesso em quantidade equivalente a 17876 kg.ha<sup>-1</sup>, calculada para reduzir a percentagem de sódio trocável (PST) a 10,0 até a profundidade de 0,45 m. No cálculo, considerou-se apenas a camada de 0,20 - 0,45 m, tendo em vista que na camada superficial (0 - 0,20 m), a PST era inferior a 10,0.

Aplicaram-se também, tratamentos mecânicos constituídos de aração, gradagem e subsolagem, de forma isolada ou em associações. Decorrido o período de incorporação da massa verde do feijão-de-porco, Costa (1988) passou a trabalhar com a cultura do arroz (*Oryza sativa*, L., cultivar IR. 8), sob regime de irrigação por inundação, objetivando proceder a uma lavagem dos sais solúveis.

Na área do experimento, Costa (1988) realizou práticas de rotação de culturas, adubação verde, aplicação de um melhorador químico (gesso) e tratamentos mecânicos, conforme acima descritos, como técnicas para reduzir os efeitos da sodicidade no solo, para o que realizou amostragens do solo no início de 1986 e ao final de 1987. Após a primeira etapa do

experimento, a área passou por períodos de cultivo e pousio, recebendo a incorporação dos restos vegetais na ocasião do preparo do solo.

Realizando um monitoramento do processo de recuperação do solo da área do experimento, Soares (1996) verificou valores de características químicas e hídricas, que conferiam uma melhoria na drenabilidade do seu perfil, através de uma nítida variação no valor da condutividade hidráulica do solo saturado, da ordem de  $0,0085 \text{ m.dia}^{-1}$  para  $0,25 \text{ m.dia}^{-1}$ .

Na área do experimento, onde se encontra instalado um sistema de drenagem subsuperficial em duplo nível, ou seja, com drenos laterais de alívio localizados em duas profundidades, propôs-se com base no objetivo da pesquisa, a implantação do cultivo de melão (*Cucumis melo L.*), variedade Valenciano Amarelo, melancia (*Citrillus vulgaris*), variedade Crimson Sweet e abóbora (*Curcubita maxima*), variedade Coroa. Cada cultura foi estabelecida no campo em dez linhas de plantio com espaçamento de  $1,60\text{m} \times 0,80\text{m}$ , constituindo uma parcela de  $2016\text{m}^2$ , sendo individualmente subdividida em seis subparcelas experimentais de dimensões  $16,00\text{m} \times 21,0\text{m}$ . A idéia de se utilizar uma área semelhante àquela controlada na prática por um agricultor, limitou a adoção de um delineamento estatístico, tendo em vista a não disponibilidade de área.

Na irrigação foi utilizado um sistema de sulcos retos e abertos em declive, constituindo-se na melhor configuração do método de irrigação por superfície para a área do experimento. Visando um bom desempenho do sistema de irrigação, procedeu-se a uma sistematização, estabelecendo-se um gradiente de declive longitudinal de  $0,002 \text{ m.m}^{-1}$  e nivelando-se o terreno na direção transversal ao escoamento da água.

A adução de água ao experimento foi realizada através de um canal secundário, situado na parte superior da área. Trabalhou-se com uma carga hidráulica de  $0,157\text{m}$ , a qual proporcionava uma vazão de  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  em sifões corrugados com diâmetro de  $0,05\text{m}$  e  $2,20\text{m}$  de comprimento. As irrigações eram realizadas com base no monitoramento de tensiômetros instalados às profundidades de  $0,10\text{m}$  e  $0,30\text{m}$ , utilizando-se a equação de Van Genuchten (1980), representativa da retenção de água nas camadas de solo de  $0,0\text{m}$  a  $0,20\text{m}$  e  $0,20\text{m}$  a  $0,40\text{m}$ . Utilizou-se  $-30 \text{ kPa}$  como potencial mátrico crítico, e portanto indicativo de quando irrigar, através de monitoramento no tensiômetro a  $0,10\text{m}$  de profundidade.

A lâmina requerida era aplicada no final do sulco, a qual se obtinha com base no respectivo tempo de oportunidade de infiltração após a chegada da frente de avanço. Referido tempo de oportunidade era calculado com base em equação de infiltração obtida através do método de entrada e saída de água no sulco.

Por outro lado, em pesquisa conduzida por Soares (1996) e em base a estudos de resistência de entrada da água nos drenos e ainda de acordo com critérios propostos por Dieleman e Trafford (1976), detectaram-se algumas avarias no desempenho do sistema de drenagem pelo que, no presente estudo, recomendou-se um reinvestimento na instalação de um novo sistema de drenagem subterrânea, composto por drenos laterais assentados a  $1,0\text{m}$  de profundidade e espaçados entre si de  $20,0\text{m}$ , utilizando-se tubos corrugados flexíveis de PVC e, como envelope de recobrimento dos drenos, uma manta de poliéster denominada bidim.

Na análise do processo de recuperação, consideraram-se os benefícios e os custos desde o início do processo de recuperação do referido solo e vislumbrou-se uma análise de sensibilidade com base na melhor alternativa econômica dentre três sistemas de cultivo avaliados e constituídos pelo cultivo de arroz no período de chuvas e as curcubitáceas melão, melancia e abóbora no período de irrigação. O sistema constituído por uma safra de arroz (1º semestre) e duas safras de melão (2º semestre) apresentou a melhor alternativa econômica.

A análise da viabilidade econômica da recuperação do solo da área do experimento foi realizada com base nos seguintes indicadores – relação benefício/custo, valor presente líquido, taxa interna de retorno e período “payback”. Conforme Hoffman et al. (1992), a relação benefício/custo (B/C) é definida como o quociente entre o valor presente das receitas (benefícios) a serem obtidos e o valor presente dos custos (inclusive os investimentos).

O critério de decisão é que o investimento será considerado viável se a relação benefício/custo (B/C) > 1. Assim, quanto maior a relação benefício-custo mais viável tende a ser o investimento, e, conseqüentemente mais estável este investimento se apresenta às oscilações da taxa de juros de mercado.

Matematicamente, o referido indicador tem a fórmula:

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \left( \frac{R_i}{(1+r)^i} \right)}{\sum_{i=0}^n \left( \frac{C_i}{(1+r)^i} \right)}$$

O valor presente líquido (VPL) é o valor presente dos benefícios líquidos (benefícios – custos) do projeto, ou seja:

$$VPL = \sum_{i=0}^n \left( \frac{R_i - C_i}{(1+r)^i} \right) = \sum_{i=0}^n \left( \frac{R_i}{(1+r)^i} \right) - \sum_{i=0}^n \left( \frac{C_i}{(1+r)^i} \right)$$

Na escolha entre dois ou mais projetos distintos, o critério estritamente econômico consiste em dar preferência àquele cujo valor atual dos lucros é maior.

Ainda segundo Hoffman et al. (1992), a taxa interna de retorno (TIR) é o percentual que expressa a rentabilidade (retorno) anual média do capital alocado no projeto, durante todo o horizonte de análise do projeto. A TIR é o valor da taxa de juros que faz com que o valor atual dos lucros do projeto seja igual a zero. Esse indicador pode ser calculado iterativamente (pesquisa operacional) ou através de raízes do polinômio e, ainda, interpolação.

Para o cálculo da TIR na presente pesquisa, utilizou-se um programa computacional. A taxa mínima de atratividade de retorno considerada no estudo foi de 12%, devendo, portanto o valor da TIR superar este valor para que o projeto apresente viabilidade econômica.

Segundo Azevedo Filho (1996), o período “payback” ou prazo de recuperação do capital é um indicador voltado à medida do tempo necessário para que um projeto recupere o capital investido. Dessa forma, quanto menor o período “payback”, mais atrativo é o projeto em termos econômicos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de cultivo constituído por arroz no 1º semestre e melão no 2º semestre apresentou a maior renda líquida anual para o produtor, comparativamente a outros dois sistemas que compreendiam os cultivos de melancia e abóbora em alternativa ao melão.

Na Tabela 1 visualizam-se os fluxos monetários em valores correntes e atualizados para uma safra de arroz (1º semestre) e duas safras de melão (2º semestre), com vistas ao cálculo dos indicadores de rentabilidade. Já na Tabela 2, os fluxos monetários em valores correntes e atualizados para uma safra de arroz (1º semestre) e uma safra de melão (2º semestre). Na elaboração das referidas tabelas, considerou-se o ano “zero” como o ano dos investimentos: instalação de drenos laterais, aplicação de gesso, tratamentos mecânicos e do custo de produção e de incorporação de adubação verde (feijão-de-porco), num total de R\$3.019,54. Os benefícios iniciaram-se apenas a partir do ano “1”.

No ano “1” os custos compuseram-se do custo de produção da cultura do arroz, custo da irrigação (aquisição de sifões, tarifa de água e aplicação) e manutenção do sistema de drenagem. Já os benefícios ou receitas foram compostos pelo incremento da produtividade de arroz em relação à produtividade obtida antes do processo de recuperação do solo por Ferreyra e Coelho (1986), cujo incremento foi de 392,75 kg.ha<sup>-1</sup>.

No ano “2”, os custos se compuseram dos custos de produção das culturas do arroz e do melão, do custo da irrigação e da manutenção do sistema de drenagem. Já os benefícios foram compostos pelo incremento da produtividade do arroz acrescida da produção física do melão. Justifica-se a utilização de toda a produção física do melão, tendo em vista que o solo da área do experimento se prestava unicamente ao cultivo de arroz antes da sua recuperação.

Os custos e receitas dos anos subseqüentes foram considerados iguais ao ano “2”, tendo sido considerado um reinvestimento em um novo sistema de drenagem subterrânea no ano “3”.

Os indicadores de rentabilidade do processo de recuperação em que consta um plano anual constituído por duas safras de melão e uma safra de arroz foram: B/C = 1,5; VPL = R\$ 12.591,21 e TIR = 56,2%.

Esses resultados demonstram, com base nos critérios de decisão, viabilidade do processo de recuperação do solo em estudo. A TIR, estimada em 56,2%, que por ser maior do que o custo de oportunidade do capital, também demonstra viabilidade do referido processo. Já os indicadores de rentabilidade do processo de recuperação em que consta um plano anual constituído por uma safra de melão e uma de arroz, foram de: B/C = 1,07; VPL = R\$ 1.271,13 e TIR = 17,7%. Também esses indicadores demonstram, com base nos critérios de decisão, a viabilidade do plano de recuperação.

Tendo em vista a implantação de um novo sistema de drenagem, considerou-se que o mesmo seria capaz de incrementar os benefícios do plano de recuperação em 10%. Dessa forma, analisaram-se os indicadores de rentabilidade através de uma análise de sensibilidade considerando-se tal incremento das receitas e os custos, inalterados.

Conforme Hillier e Lieberman (1988), a análise de sensibilidade tem como objetivo testar a estabilidade do projeto em termos de sua rentabilidade e, assim, avaliar a influência de variações em determinados parâmetros sobre os resultados básicos do projeto. Nessa análise, considerando-se os custos inalterados e um incremento de 10% nas receitas, têm-se para o sistema com duas safras de melão e uma de arroz, os seguintes indicadores: B/C = 1,65; VPL = R\$ 16.361,75 e TIR = 66,62%, e, para o plano composto por uma safra de melão e uma de arroz: B/C = 1,178; VPL = R\$ 3.185,46 e TIR = 25,48%. Esses resultados demonstram a viabilidade econômica nas duas análises propostas.

Valdivieso et al. (1988) em avaliação econômica da recuperação de solos salinos no Perímetro Irrigado de Vaza-Barris, Cocorobó-BA, obtiveram valores de B/C igual a 2,98 e TIR igual a 88,4%.

**Tabela 1.** Fluxos monetários em valores correntes e atualizados para um safra de arroz (1º semestre) e duas safras de melão (2º semestre) em área de 1,0 ha – março 2000.

Ano	Custo	Invest./Reinvestimento (R\$)	Receitas	FD* (12%)	Valores Atualizados – R\$	
					Custo/Investimento	Receitas
0	-	3.019,54	-	1,0000	3.019,54	-
1	990,90	-	102,11	0,8929	884,77	91,17
2	4.036,42	-	7.906,53	0,7972	3.217,83	6.303,09
3	4.036,42	2.820,00	7.906,53	0,7117	4.880,40	5.627,87
4	4.036,42	-	7.906,53	0,6355	2.565,14	5.024,60
5	4.036,42	-	7.906,53	0,5674	2.290,26	4.486,17
6	4.036,42	-	7.906,53	0,5066	2.044,85	4.005,45
7	4.036,42	-	7.906,53	0,4523	1.825,67	3.576,12
8	4.036,42	-	7.906,53	0,4039	1.630,31	3.193,45
9	4.036,42	-	7.906,53	0,3606	1.455,53	2.851,09
10	4.036,42	-	7.906,53	0,3220	1.299,73	2.545,90
<b>Soma</b>	<b>37.318,68</b>	<b>5.839,54</b>	<b>71.260,88</b>		<b>25.114,03</b>	<b>37.704,91</b>

\* FD: fator de desconto.

**Tabela 2.** Fluxos monetários em valores correntes e atualizados para uma safra de arroz (1º semestre) e uma safra de melão (2º semestre) em área de 1,0 ha - março 2000.

Ano	Custo	Invest./Reinvestimento (R\$)	Receitas	FD* (12%)	Valores Atualizados – R\$	
					Custo/Investimento	Receitas
0	-	3.019,54	-	1,0000	3.019,54	-
1	990,90	-	102,11	0,8929	884,77	91,17
2	2.513,66	-	4.004,33	0,7972	2.003,89	3.192,25
3	2.513,66	2.820,00	4.004,33	0,7117	3.796,50	2.850,28
4	2.513,66	-	4.004,33	0,6355	1.597,43	2.544,75
5	2.513,66	-	4.004,33	0,5674	1.426,25	2.272,06
6	2.513,66	-	4.004,33	0,5066	1.273,42	2.028,59
7	2.513,66	-	4.004,33	0,4523	1.136,93	1.811,16
8	2.513,66	-	4.004,33	0,4039	1.015,27	1.617,35
9	2.513,66	-	4.004,33	0,3606	906,43	1.443,96
10	2.513,66	-	4.004,33	0,3220	809,40	1.289,39
<b>Soma</b>	<b>23.613,84</b>	<b>5.839,54</b>	<b>36.049,08</b>		<b>17.869,83</b>	<b>19.140,96</b>

- FD: fator de desconto.

Analisando a Tabela 1, observa-se que para o plano anual composto por duas safras de melão e uma safra de arroz, ao final do terceiro ano as receitas acumuladas começam a superar os custos acumulados com uma margem de R\$ 19,59. Já no plano anual composto por uma safra de melão e uma safra de arroz (Tabela 2), somente ao final do oitavo ano as receitas começam a superar os custos, com uma margem de R\$ 253,61. Esse último plano espelha mais a realidade praticada pelos irrigantes da região onde foi conduzida a presente pesquisa.

Há que se considerar a carência de informações de indicadores econômicos da recuperação de solos afetados por sais. Finalmente, há de se convir que se deva estabelecer sempre um manejo adequado da irrigação a fim de minimizar os riscos de salinidade do solo.

## 6. CONCLUSÕES

- O sistema de cultivo composto por uma safra de arroz (1º semestre) e uma safra de melão (2º semestre), mais representativo da região do estudo, apresentou os seguintes indicadores de rentabilidade: relação benefício/custo (B/C) = 1,178; valor presente líquido (VPL) = R\$ 3.185,46 e taxa interna de retorno (TIR) = 25,48%.

- A análise dos indicadores de rentabilidade do processo de recuperação do solo embora tenha demonstrado viabilidade econômica em base aos critérios de decisão relação benefício/custo, valor presente líquido e taxa interna de retorno, apresentou um período de recuperação de capital ou payback de oito anos, considerado muito longo, principalmente pelo fato desse sistema de cultivo ser praticado por pequenos produtores, inviabilizando assim, o processo de recuperação de solos para estas condições.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO FILHO, A. J. B. V. **Análise econômica de projetos: “software” para situações determinísticas e de risco envolvendo simulação.** 1988. 127 f. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1988.

- COELHO, M.A. **Características de umidade de alguns solos de aluvião: normais, sódico e sódico-salino**. 1971. 113 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1971.
- COSTA, R. N. T. **Avaliação de um sistema de drenagem e tratamentos mecânicos na recuperação de um solo sódico no Vale do Curu-CE**. 1988. 75 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1988.
- DIELEMAN, P. J. ; TRAFFORD, B. D. Drainage testing. **Irrigation and Drainage Paper**, Rome, n.38, p.1-52, 1980.
- FERREYRA, H. F. F.; COELHO, M. A. Efeito de doses de gesso e subsolagem na produtividade de arroz em solo sódico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.157-161, 1986.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 3 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988. 806 p.
- HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1992. 325 p.
- SOARES, O. H. D. **Monitoramento do processo de recuperação de um solo aluvial sódico em condições de drenagem subterrânea**. 1996. 105 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.
- VALDIVIESO, C. R.; FÉLIX, S. G.; CORDEIRO, G. G. **Avaliação econômica da recuperação de solos salinos no perímetro de Vaza-Barris-Cocorobó, BA**. Petrolina: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Embrapa, 1988. 16 p. (Documentos, n.48).
- VAN GENUCHTEN, M.TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.
- WALKER, W.R.; SKOGERBOE, G.V. **Surface irrigation: theory and practice**. New Jersey: Prentice-Hall, 1987. 386 p.