

# IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIALIDADES DE REDUÇÃO DE CUSTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO CULTIVO DE ARROZ

**Cláudia De Mori, Eng. Agrônomo**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC –  
Cx.P. 5107 – Florianópolis, SC – 88.040 – 970 – e-mail:demori@ene.ufsc.br

**Edgar Augusto Lanzer, Ph.D.**

Prof. do PPGEP/UFSC – Cx.P. 476 – Florianópolis, SC – 88.040-900

## **Abstract:**

The reduction of the technical inefficiency level in the use of agricultural inputs represents a mean of reducing costs and environmental impacts in the agriculture. This article realizes study about the potentiality of cost reduction and environmental impacts reduction in the irrigation rice tillage through the assessment of the relative efficiency measure in the use of inputs (seeds, fertilizers and pesticides) of one group composite by 20 irrigation rice producers in Santa Catarina states, applying Data Envelopment Analysis – DEA.

Gestão Econômica

**Key Words:** Technical efficiency; rice tillage; Data Envelopment Analysis.

## **1. Introdução**

A produção orizícola no Brasil corresponde a aproximadamente 15% da produção de grãos do país, sendo 75% desta produzida no RS, SC, MA e estados do centro-oeste. (Chomenko, 97). O estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor de arroz irrigado do Brasil, envolvendo aproximadamente 10 mil famílias numa área cultivada de 129.870 ha (safra 96/97 – Instituto CEPA, 97), na sua maioria pequenas propriedades.

A rentabilidade econômica da produção agrícola vem sendo reduzida em função da conjuntura política-econômica nacional e internacional. O cultivo de arroz irrigado é caracterizado por apresentar altos custos de produção, sendo o custo estimado da saca (50 kg) para o estado, em novembro de 1997, de R\$ 9,05 e o preço mínimo pago R\$10,10 (Instituto CEPA, 97). A tabela 01 apresenta o aumento percentual do custo dos insumos e do preço mínimo no período de julho de 94 a julho de 1996. Segundo Porto (97), a rentabilidade média nacional da cultura era de R\$ 4,036 bilhões no período de 85/89 caindo para R\$ 2,002 bilhões em 1996 (valores atualizados em maio de 1996).

Além das dificuldades associadas com a obtenção de recursos financeiros (custeio), endividamento dos produtores, preços não compensadores e problemas climáticos (Barroso Leite, set/97), a produção nacional, insuficiente para suprir a demanda nacional, tem sofrido

ameaças dadas as diferenças de carga tributária e menores custos de produção nos países do Mercosul, principais fornecedores do Brasil (Barreto, out/97).

ITENS	%
Uréia	109,00
Adubos de base	95,83
Mão-de-obra	73,00
Combustíveis/Máquinas	33,00
Energia	19,72
Inflação	44,36
Preço mínimo (arroz irrigado)	5,09

Tabela 01: Aumento percentual do preço mínimo e do custo dos insumos (período de julho/94 a junho/96)

Fonte: Safras e Cifras, 97.

Segundo Rigatto (97) os rizicultores tem buscado redução de seus custos e o aumento da eficiência técnica e econômica da atividade. Para Sanint (97), a rizicultura deve procurar uma conjunção entre eficiência, produtividade, competitividade, equidade e proteção ao meio ambiente, buscando uma produção intensiva mas com baixo impacto ambiental, que seja rentável e assegure a competitividade em mercados internacionais.

Os avanços no campo das cultivares, de técnicas de irrigação, de máquinas e implementos, de informação e de informatização tem proporcionado uma maior eficiência e produtividade no cultivo de arroz. A China passou de 150 para 390 milhões de ton./ano entre 1961 e 1990, usando os mesmos 100 milhões de hectares (ha). Na Colômbia, entre 1981 e 1991, reduziu-se a quantidade de ingrediente ativo por ha nas aplicações de inseticida e herbicida de 4,2 para 1,4 litros e de 5,5 para 3,5 litros, respectivamente. (Sanint, 97)

Na agricultura, os impactos ambientais gerados por suas atividades não representam uma externalidade, mas degradam sua base produtiva e compromete sua eficiência, dado o alto grau de dependência do meio biofísico (Romero, 96). O uso indevido de insumos modernos podem causar impactos como a salinização dos solos, eutrofização dos recursos hídricos, contaminação de terrenos e da água, etc. devido ao excesso de insumos e derrames levando a perda do potencial agrícola da área e comprometimento dos recursos naturais, acrescentando custos adicionais.

A avaliação do grau de eficiência relativa no uso de insumos (semente, adubos e pesticidas) através da aplicação da Análise Envoltório de Dados – DEA, pode ser um instrumento na identificação de oportunidades de redução de custos e impactos ambientais no cultivo de arroz irrigado. Segundo Piot-Lepetit et al. (97), através da identificação das melhores práticas de cultivo no uso de insumos é possível estabelecer quantidades dos mesmos a partir dos ajustes das ineficiências técnicas e conseqüentemente reduzir custos e potenciais impactos ambientais a eles associados.

No presente artigo, apresenta-se um estudo exploratório do uso de insumos agrícolas (semente, adubos e pesticidas) em unidades de cultivo de arroz irrigado, buscando identificar potenciais possibilidades de redução de custos e impactos ambientais, a partir da inferência do grau de ineficiência relativa das unidades através da Análise Envoltório de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA).

## 2. Materiais e Métodos

A partir dos conceitos de função distância de Shephard (53 e 70) e de medida de eficiência de Farrell (51, 57 e 62) e de técnicas de programação matemática, diversos modelos não-paramétricos tem sido desenvolvidos para a construção da fronteira eficiente a partir de dados de atividades produtivas, que consistem de uma linha envoltório (linear por partes, log-linear ou não-linear) formada pela combinação de atividades produtivas extremas, ou seja unidades observadas eficientes tecnicamente relativo ao conjunto de unidades observadas.

Dentre as abordagens não-paramétricas, destaca-se a Análise Envoltório de Dados, desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (78). A análise DEA consiste de uma técnica de programação matemática linear para mensurar eficiência relativa de unidades organizacionais para casos de múltiplos insumos e múltiplos produtos, sendo o grau de ineficiência obtida pelos desvios em relação a fronteira empírica construída.

O escore de eficiência é dado pela maximização da razão entre o somatório ponderado de produtos e o somatório ponderado de insumos (Boussofiane et al., 91), com a restrição de que o escore de todos as unidades do conjunto de análise seja menor ou igual a um. Cada unidade pode adotar diferentes pesos para a ponderação, já que as mesmas valoram diferentemente seus insumos e produtos (Charnes et al., 96). Escore de valor 1 designa unidades eficientes relativamente as demais, enquanto escore diferente de 1, unidades ineficientes.

Os diferentes modelos desenvolvidos a partir da linearização do modelo fracional propostos por Charnes, Cooper e Rhodes (78), buscam estabelecer os subconjuntos de unidades que definem a linha envoltório, sendo a geometria do envelopamento descrita pelo modelo adotado. As diferenças fundamentais entre os diversos modelos desenvolvidos relacionam-se a: superfície de envelopamento (tipo de combinações e suposição sobre o retorno de escala), o tipo de projeção do ponto à fronteira eficiente e o tipo de unidade de mensuração (variante ou invariante). Os principais modelos DEA são: aditivo, multiplicativo variante, multiplicativo invariante, CCR insumo-orientado, CCR produto-orientado, BCC insumo-orientado e BCC produto-orientado (Ali; Seiford, 93; Banker et al., 84 e Charnes et al. 96).

Para o presente estudo empregou-se o modelo envoltório CCR insumo-orientado, o qual pressupõe retorno de escala constante, descarte forte de insumos e produtos e superfície linear por partes. O grau de ineficiência é calculado pela distância radial do ponto observado (combinação de insumos e produto da unidade analisada) à um ponto projetado na função fronteira considerado ótimo Koopmans-Pareto, orientado-se na análise dos insumos.

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda, s, e} \quad & z_0 = \theta - \varepsilon(\mathbf{1s} + \mathbf{1e}) \\ & \mathbf{Y}\lambda - \mathbf{s} = \mathbf{Y}_1 \\ & \theta\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}\lambda - \mathbf{e} = \mathbf{0} \\ & \lambda \geq 0, \mathbf{e} \geq 0, \mathbf{s} \geq 0, \theta \text{ livre} \end{aligned}$$

Onde:

$z_0$  = escore de eficiência relativa da unidade avaliada;

$\mathbf{X}$  = matriz (m x n) de insumos;

$\mathbf{Y}$  = matriz (s x n) de produtos;

$\mathbf{X}_1$  = vetor-consumo da unidade avaliada;

$\mathbf{Y}_1$  = vetor-produção da unidade avaliada;

$\mathbf{s}$  = vetor-folga de produtos, o qual indica o acréscimo viável de produtos à unidade avaliada;

$e$  = vetor-excesso de insumos, o qual indica o excesso remanescente de insumos para que a unidade alcance a eficiência;

$\varepsilon$  = infinitesimal não-archimediana;

$\theta$  = grau de contração radial possível para todos os insumos dado o nível de produtos observado;

$\lambda$  = vetor que indica a combinação linear das unidades para formar o ponto projetado, informando as unidades referência (eficientes para a unidade analisada);

O modelo DEA descrito acima foi aplicado a um conjunto de dados obtido no exercício agrícola da safra 96/97 de 20 unidades produtoras de arroz irrigado, situadas no litoral sul do estado de Santa Catarina, as quais integram o Projeto de Gestão da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI. Tais unidades podem ser caracterizadas como unidades de produção familiar, possuindo uma área média de 47 ha, apresentando condições edafo-climáticas semelhantes (solos hidromórficos de relevo plano e clima Cf<sub>b</sub>). Os dados utilizados na análise foram sumarizados e transformados a partir dos dados primários obtidos nos relatórios individuais de cada unidade de produção elaborados pelo acompanhamento técnico-econômico efetuado pelo projeto.

Como produto considerou-se a produtividade física média por área (Kg de arroz/ha), e como insumos, a quantidade média de semente por área (kg/ha), a quantidades médias de nitrogênio, fósforo e potássio aplicados por área (Kg/ha) e a quantidade média de princípios ativos aplicado por área (l/ha). A tabela 02 apresenta os valores de produto e insumos por ha para as 20 unidades.

<b>Unidade de Produção</b>	<b>Produtividade ( Kg/ha)</b>	<b>Semente (kg/ha)</b>	<b>Nitrogênio ( Kg/há)</b>	<b>Fósforo (Kg/ha)</b>	<b>Potássio (Kg/ha)</b>	<b>Ingredientes Ativos ( l/ha)</b>
UP 01	6.092	144	47	31	25	0,7
UP 02	5.764	179	33	22	20	0,3
UP 03	6.000	160	36	28	28	0,8
UP 04	6.720	136	76	35	45	1,1
UP 05	5.227	118	39	30	39	0,9
UP 06	6.448	132	59	39	58	1,2
UP 07	5.107	154	46	16	33	0,5
UP 08	7.488	126	79	38	19	0,6
UP 09	6.500	150	45	38	41	0,8
UP 10	6.897	159	46	23	23	0,4
UP 11	6.770	176	55	42	56	0,6
UP 12	5.357	100	0	43	64	0,3
UP 13	5.000	120	0	32	48	1,2
UP 14	5.667	150	23	40	40	0,4
UP 15	3.813	225	11	60	68	0,3
UP 16	4.300	125	0	50	50	0,6
UP 17	5.357	168	16	64	64	0,3
UP 18	5.378	122	0	49	49	0,6
UP 19	4.142	167	2	42	42	0,9
UP 20	5.686	148	32	38	43	0,7

Tabela 02 - Dados dos valores dos produtos e insumos por ha.

Para a resolução dos problemas de programação linear associados na obtenção do escore de eficiência técnica relativa e os excessos de insumos utilizou-se o software IDEAS.

### 3. Resultados e Discussões

Como pode-se observar na tabela 02, os intervalos entre os valores mínimo e máximo das quantidades de produto e insumos são amplas, havendo uma gama variável de combinações de insumos. As quantidades de nitrogênio, ingredientes ativos e potássio apresentam uma maior dispersão dos dados (coeficiente de variação de 78,1 %, 42,8% e 32,5% respectivamente).

Os escores de eficiência relativos do uso de insumos e as unidades referências para cada unidade, bem como, o número de vezes em que a unidade serve de referência são apresentados no quadro 01.

<b>Unidade de Produção</b>	<b>Escore de eficiência relativa</b>	<b>Unidades referência</b>	<b>Facetas Ocorridas</b>
UP 01	0,90	08, 10, 18	0
UP 02	1,00	02	6
UP 03	0,91	02, 10, 13, 18	0
UP 04	0,89	08, 10	0
UP 05	0,87	08, 10, 12	0
UP 06	0,88	08, 10, 12	0
UP 07	1,00	07	1
UP 08	1,00	08	8
UP 09	0,87	08, 10, 12	0
UP 10	1,00	10	10
UP 11	0,78	08, 10, 12	0
UP 12	1,00	12	10
UP 13	1,00	13	3
UP 14	0,91	02, 10, 12, 18	0
UP 15	0,69	02, 12	0
UP 16	0,78	12, 18	0
UP 17	0,96	02, 12	0
UP 18	1,00	18	7
UP 19	0,85	02, 13, 18	0
UP 20	0,81	08, 10, 12, 18	0

Quadro 01 – Escore de eficiência relativa, unidades referências e facetas ocorridas.

Das 20 unidades orizícolas, sete unidades (02, 07, 08, 10, 12, 13 e 18) são consideradas eficientes relativamente no uso de insumos, apresentando escore de eficiência igual a 1; 13 unidades são consideradas ineficientes relativamente, apresentando potenciais de redução no emprego de insumos em até 31% sem perda de produto. O grupo apresenta uma eficiência relativa média no uso de insumos de 90%. As unidades 10 e 12 demonstram melhor prática na gestão dos recursos, uma vez que são referência de modelo (benchmarking) para a maioria das unidades consideradas ineficientes.

A unidade 11, por exemplo, apresenta escore de eficiência relativa de 0,78, indicando que, dada a observação das demais combinações e resultados obtidos no grupo, é possível uma redução proporcional de 22% nas quantidades de seus insumos sem a perda de produto. No entanto para alcançar a eficiência, além da redução equiproporcional, a unidade deve realizar redução adicional nas quantidades de potássio e de ingredientes ativos nos valores de 10,16 e 0,04, que são apresentados no vetor-excesso na solução ótima do PL. Neste sentido a unidade deveria reduzir 38,5 kg/ha de sementes, 12 Kg/ha de nitrogênio, 9,2 Kg/ha de fósforo, 22,4 Kg/ha de potássio e 0,17 l/ha de ingredientes ativos para apresentar uma combinação eficiente de uso de insumos comparativamente as demais.

O quadro 02 apresenta os valores potenciais de redução das quantidades de insumos para cada unidade, calculados a partir do escore de eficiência técnica relativa de cada unidade e dos valores do vetor-excesso de cada unidade, para que a unidade alcance a eficiência.

<b>Unidades de Produção</b>	<b>Semente (Kg/ha)</b>	<b>Nitrogênio (Kg/ha)</b>	<b>Fósforo (Kg/ha)</b>	<b>Potássio (Kg/ha)</b>	<b>Ingr. Ativos (l/ha)</b>
<b>UP 01</b>	13,5	4,4	4,4	2,4	0,28
<b>UP 02</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 03</b>	13,9	3,1	2,4	2,4	0,39
<b>UP 04</b>	13,6	10,9	3,5	26,8	0,59
<b>UP 05</b>	14,5	4,8	3,7	12,8	0,56
<b>UP 06</b>	15,4	6,9	4,6	30,0	0,73
<b>UP 07</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 08</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 09</b>	19,5	5,9	4,9	6,0	0,38
<b>UP 10</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 11</b>	38,5	12,0	9,2	22,4	0,17
<b>UP 12</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 13</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 14</b>	13,4	2,0	8,6	3,6	0,04
<b>UP 15</b>	137,3	3,4	35,0	33,8	0,09
<b>UP 16</b>	28,0	-	11,0	10,6	0,13
<b>UP 17</b>	34,7	0,6	32,4	22,9	0,01
<b>UP 18</b>	-	-	-	-	-
<b>UP 19</b>	69,7	0,3	6,0	6,0	0,45
<b>UP 20</b>	27,5	6,0	7,1	7,9	0,24

Quadro 02 – Valores de reduções de insumos por ha.

Somadas as quantidades totais passíveis de redução das 20 unidades agrícolas, observa-se uma possibilidade de economia de 12,5% na quantidade de semente, 9,3% na quantidade de nitrogênio, 12,3% na quantidade de fósforo, 21,8% na quantidade de potássio e 34,7% na quantidade de ingredientes ativos, o que implica na redução de custos e de riscos ambientais.

Com base na média dos valores ótimos dos pontos projetados para as unidades produtivas arroseiras, pode-se especular um valor indicativo de uso moderado para a região, o qual seria de aproximadamente 120 Kg/ha de semente, 30,5 Kg/ha de nitrogênio, 29 Kg/ha de fósforo, 30,5 Kg/ha de potássio e 0,42 l/ha de princípio ativo.

#### 4. Considerações Finais

Dado o quadro de competitividade econômica e o avultamento da questão ecológica, as unidades de produção agrícola têm buscado combinar seus recursos de maneira à alcançar uma maior eficiência no uso dos mesmos garantindo a manutenção de sua capacidade produtiva e não agressão ao meio ambiente.

A identificação do grau de ineficiência técnica relativa constitui uma importante base para estabelecer oportunidades de redução de custos e de controle de impactos ambientais através de ajustes nas quantidades de insumos sem a perda de produto. Os resultados obtidos com a aplicação da Análise Envoltório de Dados – DEA na avaliação do uso de insumos agrícolas por um grupo de produtores de arroz irrigado, exemplificam a possibilidade de fornecimento de elementos para o planejamento e controle no emprego de insumos no cultivo de arroz, buscando a eliminação de ineficiência do processo produtivo conduzindo a otimização e harmonização dos recursos e condições ambientais.

#### 5. Referências Bibliográficas

- BANKER, R. D. et al. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, 30(9)1984 : 1078-1092.
- BARROSO LEITE, E. C. Conjuntura do Agrobusiness: Arroz – perspectivas favoráveis. **Agroanalysis**. v.17 (9) 1997. p.24-26.
- BOUSSOFIANE, A. et al. Applied Data Envelopment Analysis, **European Journal of Operational Research**, 52(1991) : 1-15.
- CHARNES, A. et al. **Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications**. 2<sup>a</sup> ed. Massachusetts : Kluwer Academic Publishers, 1996. 513p.
- CHOMENKO, L. Impactos negativos do arroz irrigado nos ecossistemas e recursos hídricos. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Balneário Camboriú, 1997. **Anais**. Florianópolis: EPAGRI, 1997, 66-67.
- INSTITUTO CEPA. Arroz – Cotações em alta no preço da colheita. **Informe Conjuntural**. Florianópolis, v.15, n.637, abr./maio. 1997. p.3.
- PIOT-LEPETIT, I. et al. Agriculture's environmental externalities: DEA evidence for French agriculture. **Applied Economics**, 1997, 29 : 331-338.
- PORTO, A. Arroz: Em busca da qualidade. **Globo Rural**. n.135 janeiro, 1997 p. 86-91.
- RIGATTO, P. Determinação dos coeficientes técnicos de produção que diferenciam os custos entre os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, plantio pré-germinado e plantio convencional na cultura do arroz irrigado. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Balneário Camboriú, 1997. **Anais**. Florianópolis: EPAGRI, 1997.
- ROMEIRO, A. R. Agricultura sustentável, tecnologia e desenvolvimento rural. **Agricultura Sustentável**. Jaguariúna, v.3, n.1/2 p.34-41. Jan./dez. 1996.
- SANINT, L. R. Evolución tecnológica, perspectivas futuras y situación mundial del arroz. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Balneário Camboriú, 1997. **Anais**. Florianópolis: EPAGRI, 1997, 7-35