

ANÁLISE ECONÔMICA E EMERGÉTICA NUM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO EM TRANSIÇÃO PARA O CULTIVO ORGÂNICO

ECONOMIC AND EMERGY ANALYSIS IN INTEGRATED SYSTEM OF IRRIGATED RICE PRODUCTION IN TRANSITION TO ORGANIC CULTIVE

Gilson Gonçalves Teixeira^{1*}, Renato Visentainer Carvalho², Jorge Alberto Vieira Costa³

RESUMO

O arroz irrigado é uma das mais importantes culturas de grãos do Rio Grande do Sul. O objetivo desse trabalho foi avaliar a cultura em transição para o cultivo orgânico quanto ao balanço emergético e econômico e compará-lo com uma lavoura de cultivo convencional. Em 2003, como parte integrante do projeto "Ações prioritárias para a sustentabilidade do entorno da Estação Ecológica do Taim", foi iniciado o projeto de produção de arroz, em transição para o cultivo orgânico, "Amigo do TAIM". O cultivo de arroz compõe um sistema de produção integrado com aves, pecuária de corte e leite, e a integração simbiótica de bactérias fixadoras de Nitrogênio do ar atmosférico com a *Azolla* sp e com leguminosas forrageiras. A Associação dos Trabalhadores da Lavoura de Arroz é um assentamento. Durante dois anos, foi feito um balanço total de massa, energia e de emergia e o balanço econômico da cultura do arroz. Nessas safras a margem de lucro foi R\$ 940,25 ha⁻¹.ano⁻¹ no cultivo em transição e R\$ 151,45 ha⁻¹.ano⁻¹ no cultivo convencional. A emergia total das entradas foi 3,79E+16 seJ para o cultivo em transição, com transformidade 1,07 E+13 seJ.kg⁻¹, e 4,62 E+16 seJ as entradas de emergia para o cultivo convencional e transformidade 9,53E+12 seJ.kg⁻¹. Conclui-se que o sistema em transição para o cultivo orgânico apresentou maior margem de lucro pela agregação de valor e pela redução de custo, apresentando uma produtividade menor. No balanço emergético, o cultivo em transição mostrou menor dependência de recursos externos e maior sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: biosistema integrado, economia, emergia, Taim.

ABSTRACT

The irrigated rice, one of the most important grain cultures of Rio Grande do Sul State. The objective of this paper was to evaluate the culture in the transition to organic cultivation whatever the economic and emergy balance and compare with conventional cultivation. In 2003, as part of project "Priority action to the sustainability of Taim's ESEC surroundings", was started the rice production in transition to the organic cultivation "Amigo do TAIM". The rice cultivation compose one integrated system of production with wild duck, cattle, forage leguminous, *Azolla* sp. and the symbiotic integrate with bacteria who fix nitrogen. The ATLA – Association of workers in the rice farming is one seated. During two years, was made one mass, energy, emergy and economic balance of rice culture. In the two crop the profit was R\$ 940.25 ha⁻¹.year⁻¹ in the transition cultivation, and R\$ 151.45 ha⁻¹.year⁻¹ in the conventional cultivation. The entrance emergy was 3.79 E+16 seJ to transition cultivation, with transformity 1.07E+13 seJ.kg⁻¹ and 4.62E+16 seJ the entrance emergy to conventional cultivation with transformity 9.53E+12 seJ.kg⁻¹. The conclusion is that the transition system to organic cultivation show the higher profit by value aggregated and by cost reduced, showing smaller productivity. In the

emergy balance, the transition cultivation shows smaller dependence of the external resources and higher environmental sustainability.

Key Words: Economy, Emergy, Integrated biosystem, TAIM.

INTRODUÇÃO

O cultivo de grãos para alimento humano no mundo foi agente transformador de uma mudança cultural, fixando o homem a um determinado local e retirando dali suas necessidades básicas, acabando assim com o nomadismo. O arroz, entre esses grãos, é um dos mais cultivados no mundo, com 150 milhões de hectares e 600 milhões de toneladas produzidas. O Brasil é o nono entre os países produtores com aproximadamente 10,6 milhões de toneladas e o Rio Grande do Sul com o cultivo irrigado contribui com 68%, sendo o maior produtor nacional (GOMES & MAGALHÃES JUNIOR, 2004).

O sistema de monocultura e o pacote tecnológico implantado a partir da revolução verde aumentaram a produtividade e a dependência dos recursos externos não renováveis, aumentando o impacto ambiental. A FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental considera a cultura de arroz de alto impacto ambiental e impõe vários mecanismos de controle e regulamentação para a redução do passivo ambiental.

No aspecto econômico os produtores têm desenvolvido campanhas intensas para a recuperação dos preços, alegando que os custos de produção têm se elevado em proporções maiores do que o crescimento do valor de mercado do produto, reduzindo a margem de lucro. Mas por tratar-se de um alimento básico para a população, incluindo as classes de baixo poder aquisitivo, as políticas governamentais não têm permitido essa recuperação de preço.

O sistema integrado de produção agrícola (ORON, 1982; CHAN, 1985) baseia-se num projeto que otimiza a utilização das matérias-primas e as fontes naturais de energia, integrando o que não é transformado em insumo a ser utilizado de forma cíclica na produção de outros produtos. Esse aumento de diversidade funcional e estrutural resulta num agroecossistema, cujas características são bastante próximas aos ecossistemas naturais, otimizando o fluxo de materiais e energia. A dependência de recursos externos em forma de insumos é reduzida e o custo de produção tende a ser menor. A menor produtividade prevista na fase de transição (ALTIERI, 2002) é compensada pela melhor

¹Engenheiro Agrônomo MSc - FURG – Fundação. Univ. Federal do Rio Grande, Rio Grande, Departamento de Química - LEB, Santa Vitória do Palmar, RS, Brasil, Rua Geribatuba, nº 104, Santa Vitória do Palmar, CEP 96230-000, E-mail: ggteixeira@brturbo.com.br *

²Oceanólogo, NEMA – Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental, Rio Grande, RS, Brasil, E-mail: visentainer@vetorial.net

³Prof. Dr. FURG – Fundação. Univ. Federal do Rio Grande, Rio Grande, Laboratório de Engenharia Bioquímica - LEB, Rio Grande, RS, Brasil, E-mail: dqmjorge@furg.br

(Recebido para Publicação em 15/12/2006, Aprovado em 11/09/2007)

R. Bras. Agrobiologia, Pelotas, v.13, n.3, p. 319-324, jul-set, 2007

remuneração obtida no mercado, e com a estabilização do sistema a produtividade tende a ser maior do que no sistema convencional.

A síntese de energia introduzida por ODUM (1996) é uma ferramenta que permite quantificar e qualificar as entradas do sistema (TON et al., 1998), de qualquer sistema industrial, agrícola ou ecológico (BROWN & BURANAKARN, 2002). Os balanços globais de massa e de energia são transformados em energia, pela transformabilidade solar, que é a taxa de equivalência de um certo tipo de energia em unidades de energia solar. Esse procedimento permite comparar diferentes capacidades de incorporação de energia ao produto final usando a energia solar como padrão.

O objetivo desse trabalho foi analisar comparativamente a cultura do arroz, no sistema em transição para o cultivo orgânico "Amigo do TAIM", usando como instrumentos, indicadores econômicos e emergéticos, com uma lavoura do sistema monocultural da região.

MATERIAL E MÉTODOS

A lavoura utilizada como fonte de dados foi a ATLA – Associação dos Trabalhadores da Lavoura de Arroz, um assentamento promovido pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul e o produtor Jaime Renato Silveira do Amaral que plantava em área arrendada na divisa com a propriedade da ATLA. A coleta de dados obedeceu à mesma metodologia nas duas propriedades e esse trabalho foi produzido como parte integrante do projeto Ações Prioritárias para o Entorno da ESEC TAIM, convênio NEMA/PROBIO-CNPQ 2675.00/02.

O sistema convencional obedece a um padrão tecnológico desenvolvido para a região, com cultivo monocultural e integração com a pecuária de corte. São utilizados insumos externos como aporte energético visando o aumento da produtividade por área, para o controle de fatores naturais, considerados adversos para o máximo rendimento da cultura, como insetos, microrganismos e deficiências minerais. A necessidade de grande escala de produção induz um elevado nível de mecanização e redução da dependência do trabalho humano.

O sistema integrado "amigo do TAIM" foi desenhado de forma a reduzir o uso de recursos externos não renováveis, eliminar a utilização de agrotóxicos e aperfeiçoar o uso dos recursos naturais e a ciclagem de nutrientes. O sistema é composto de arroz irrigado, pecuária e marrecos, e, como atividades intermediárias, forrageiras, *Azolla* sp. e a sua associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio. Foram previstas reduções do custo de produção e aumento da dependência do trabalho humano para o manejo do sistema. Por se tratar de um sistema em transição o equilíbrio dinâmico esperado com o ecossistema ainda não havia sido atingido apresentando variações em alguns índices e as análises foram restritas a cultura do arroz.

Os dados econômicos foram obtidos do sistema de controle administrativo que coleta os dados de custo de produção e receitas em valores monetários durante as operações comerciais e atribui valores de oportunidade aos bens utilizados, tais como arrendamento e capital próprio, no final da safra.

Na avaliação da energia solar foram usados os dados históricos mensais de radiação obtidos no banco de dados meteorológicos da FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - RS), considerando a média mensal, num período de 34 anos, em $\text{Kcal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, e aplicados a Equação 1.

$$\text{Radiação solar período} = \sum \text{Radiação solar média mensal no período} (\text{kcal m}^{-2}.\text{mês}^{-1}) \quad (1)$$

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos através de um pluviômetro graduado, que forneceu a lâmina de água precipitada por área, nos períodos de 15 de outubro a 15 de abril, nas duas safras, e os valores foram transformados em volume específico. O pluviômetro foi colocado em área aberta sem obstáculos, a 1,2 m do solo e com leitura diária.

O volume específico de água utilizado para a irrigação foi quantificado levando-se em conta o valor médio de $2,00 \text{ E-}07 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (GOMES & MAGALHÃES JUNIOR, 2004) para ambos os sistemas e o tempo de fornecimento de água para a irrigação, de acordo com Equação 2.

$$\text{Volume específico de água de irrigação} = 2,00 \text{ E-}07 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-2} \times \text{Tempo de irrigação (s)} \quad (2)$$

Para a avaliação da energia do vento e das perdas de solo foram utilizados os dados de PHILOMENA (1988). Para os teores de matéria orgânica, foram considerados os valores médios obtidos nas análises de solo específicas de cada área.

O trabalho humano foi contabilizado a partir de dados de planilhas com as horas trabalhadas e especificando-se a atividade desenvolvida.

Para os itens sementes, fertilizantes, produtos químicos e óleo diesel foi estabelecido um controle específico para cada lavoura com o gasto total desses insumos, e o valor obtido foi dividido proporcionalmente pela área total.

Os serviços de máquinas agrícolas e veículos foram registrados em relatório de horas trabalhadas. A massa do conjunto trator e dos implementos foi obtida nos manuais do fabricante e a parcela correspondente à atividade foi determinada pela Equação 3.

$$\text{Mm} = (\text{Mc} \times \text{t}) / \text{tv} \quad (3)$$

Onde:

Mm = massa máquinas para a atividade; Mc = massa conjunto trator e implemento; t = tempo de trabalho na atividade (h) e tv = tempo de vida útil estimada (h)

Os serviços de terceiros foram contabilizados como valores monetários em R\$ e depois convertidos para US\$ na data em que a despesa foi paga, considerando como valor de conversão o dólar norte-americano de venda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produtividade e econômicos apresentados na tabela 1 são referentes à média do conjunto das duas safras 2003/04 e 2004/05.

A figura 1 representa o Fluxograma de energia do sistema integrado Amigo do Taim e seu fluxo interno e externo de insumos, sendo que para os dois sistemas os dados apresentados são resumidos ao sub-sistema arroz. Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os valores obtidos no balanço global de massa e energia para os dois sistemas, e os procedimentos de cálculo. A produtividade é inferior ao convencional, confirmando a tendência definida por ALTIERI (2002) para os cultivos em transição.

Na análise econômica apresentada na tabela 1, foram contabilizados os valores pagos pelos insumos e serviços listados nos itens de 6 a 31 da tabela 2 e as receitas apuradas pelo total das vendas. O sistema em transição tem custos 29,5% menores e agregação de valor 42,7% maior, resultando num lucro maior do que o sistema convencional. A redução de

custos e o aumento da renda por unidade de área trabalhada possuem importante influência na redução da dependência que o produtor possui, nessa cultura, da captação de recursos para o custeio da lavoura.

Quando a lucratividade é feita em base de capital (recurso de produção mais caro e escasso, principalmente na agricultura familiar) o resultado é mais favorável ao cultivo orgânico, do que quando é comparado com base no recurso terra.

Parte dos recursos é adquirida localmente e há uma maior utilização de mão de obra no sistema orgânico, o que resulta num ganho médio de R\$ 874,00 mês⁻¹ (considerando lucratividade + arrendamento de terra própria + remuneração do trabalho) para o sócio da ATLA que trabalhou no cultivo de

arroz em transição em um módulo de 6,9 ha.safra⁻¹, exclusivamente nessa cultura.

A soma total das entradas de energia nos dois sistemas foi de 4,62 E+16 seJ.ha⁻¹.ano⁻¹ para o sistema convencional e 3,79 E+16 seJ.ha⁻¹.ano⁻¹ para o sistema em transição para o cultivo orgânico, representando uma demanda 18,0% menor no segundo.

As contribuições ambientais (itens de 1 a 5) são semelhantes, com diferença numérica menor que 0,0001%, pois as lavouras eram próximas (raio de 8000 m) e submetidas à mesma condição ambiental, quanto aos itens considerados. As contribuições de energia relativas aos insumos e serviços externos (itens de 12 a 22), serviços da economia (itens 23 a 31) e insumos e serviços locais (6 a 11) foi 91,1%, 26,9% e 7,1%, respectivamente, maiores no sistema convencional.

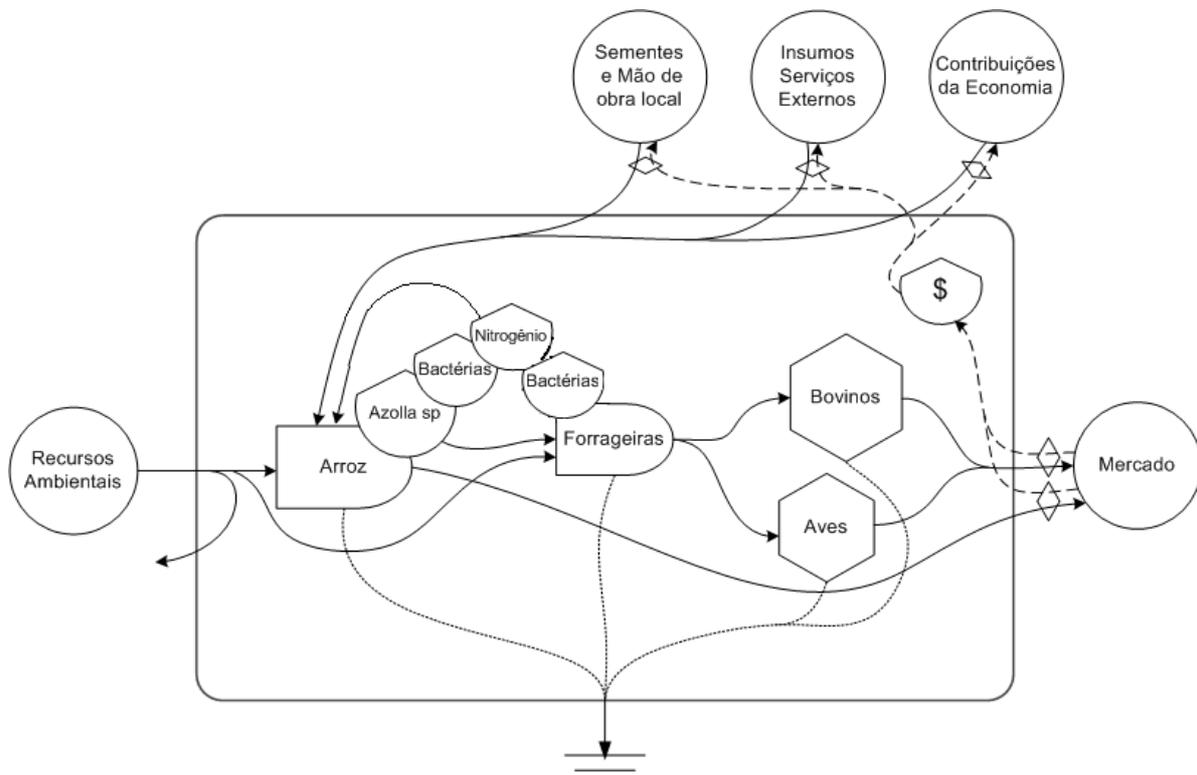


Figura 1 - Fluxograma de energia do sistema Amigo do TAIM

Tabela 1 - Dados técnicos e econômicos (média das duas safras)

Item	Sistema	
	Transição	Convencional
Área (ha.ano ⁻¹)	6,9	79,0
Produtividade (Sc.ha ⁻¹)*	70,4	97,0
Dados econômicos		
Custo (R\$.ha ⁻¹)	1.670,75	2.368,96
Receita (R\$.ha ⁻¹)	2.610,99	2.520,41
Lucratividade (R\$.ha ⁻¹)	940,25	151,45
Lucratividade (R\$.R\$. ⁻¹)	0,56	0,06
Custo (R\$.Sc ⁻¹)	23,73	24,42
Preço médio (R\$.Sc ⁻¹)*	37,07	25,98

*Preços médios de comercialização; Sc = sacos de 50Kg.

Nos insumos e serviços externos a maior diferença está na substituição dos fertilizantes químicos que compõe 79,5%

das contribuições do grupo, sendo os nitrogenados o maior deles com 71,3%. O N é substituído pela fixação simbiótica por bactérias, em leguminosas forrageiras e na *Azolla* sp., essa de ocorrência natural na região em solos alagados.

A Transformidade (T) do produto obtida no sistema em transição de 1,07 E+13 seJ.kg⁻¹, apesar da menor soma total das entradas de energia, foi maior que a obtida para o sistema convencional de 9,53 E+12 seJ.kg⁻¹ em função da produtividade inferior no sistema em transição.

Na análise emergética a contribuição biológica da fixação de N atmosférico, não foi considerada pela falta de parâmetro comparativo com o cultivo convencional, e por não ser uma contribuição específica para a cultura do arroz irrigado, beneficiando o sistema com suas culturas de forma genérica. Nos serviços da economia a menor dependência verificada no sistema em transição favorece a entrada de produtores com menos recursos financeiros ou acesso ao crédito como ocorre com produtores familiares.

Tabela 2 - Balanço global de eMergia por hectare (seJ).

Contribuições ambientais		Convencional			Em transição		Recurso
		T (seJ.unidade ⁻¹)	Insumos (J ou g)	Energia (seJ)	Insumos (J ou g)	Energia (seJ)	
1	Energia solar (J)	1	2,61E+13	2,61E+13	2,61E+13	2,61E+13	R
2	Potencial químico da chuva (J)	1,82E+04	3,20E+10	5,83E+14	3,20E+10	5,83E+14	R
3	Água de irrigação (J)	4,10E+04	8,54E+11	3,50E+16	8,54E+11	3,50E+16	R
4	Energia do vento (J)	6,23E+02	1,60E+11	9,96E+13	1,60E+11	9,96E+13	R
5	Perdas de solo (J)	7,38E+04	3,39E+06	2,50E+11	3,26E+06	2,41E+11	R
		Energia total (1-5)		3,57E+16		3,57E+16	
Insumos e Serviços Locais							
6	Mão de obra (operador) (J)	4,00E+05	4,43E+06	1,77E+12	3,49E+06	1,40E+12	R
7	Sementes (J)	6,60E+04	3,57E+09	2,36E+14	3,64E+09	2,40E+14	R
8	Secagem (J)	3,49E+04	4,06E+09	1,42E+14	2,95E+09	1,03E+14	R
9	Mão de obra irrigação (J)	4,00E+05	7,65E+06	3,06E+12	2,82E+07	1,13E+13	R
10	Mão de obra (outros) (J)	4,00E+05	5,96E+05	2,38E+11			R
11	Nivelamento (J)	4,00E+05	1,89E+05	7,55E+10	1,52E+05	6,07E+10	R
		Energia total (6-11)		3,83E+14		3,56E+14	
Insumos e serviços Externos							
12	Óleo Diesel (J)	6,60E+04	9,06E+09	5,98E+14	1,10E+10	7,26E+14	NR
13	Uréia (46%) (J)	1,86E+06	2,97E+09	5,53E+15			NR
14	Adubo (04-17-27)						NR
	N (J)	1,69E+06	9,96E+04	1,68E+11			NR
	P (J)	1,01E+07	1,87E+04	1,89E+11			NR
	K (J)	3,00E+06	2,28E+08	6,83E+14			NR
15	Herbicida Gamit (J)	1,90E+07	3,27E+07	6,21E+14			NR
16	Maquinas colheita (g)	6,70E+09	1,87E+03	1,26E+13	1,56E+03	1,04E+13	NR
17	Herbicida 2,4D (J)	1,97E+06	1,72E+08	3,39E+14			NR
18	Hs máquina preparo (g)	6,70E+09	2,12E+03	1,42E+13	2,02E+03	1,35E+13	NR
19	Uréia (36-00-12)						NR
	N (J)	1,69E+06	3,89E+08	6,58E+14			NR
	K (J)	3,00E+06	1,05E+07	3,15E+13			NR
20	Herbicida STAM 480 (J)	1,97E+06	6,66E+07	1,31E+14			NR
21	Inseticida CLAP (J)	1,97E+06	1,93E+07	3,81E+13			NR
22	Combustível veículos (J)	6,60E+04	3,29E+08	2,17E+13	2,94E+08	1,94E+13	NR
		Energia total (12-22)		8,67E+15		7,69E+14	
Serviços Economia							
23	Financeiro (US\$)	4,82E+12	9,98E+01	4,81E+14	8,53E+01	4,11E+14	R
24	Arrendamento (US\$)	4,82E+12	6,96E+01	3,35E+14	6,47E+01	3,12E+14	R
25	Aplicação aérea (US\$)	4,82E+12	2,06E+01	9,95E+13			NR
26	Manutenção (US\$)	4,82E+12	3,44E+01	1,66E+14	1,37E+01	6,62E+13	NR
27	Frete adubo (US\$)	4,82E+12	3,96E+00	1,91E+13			NR
28	Frete arroz (US\$)	4,82E+12	3,31E+01	1,60E+14	3,42E+01	1,65E+14	NR
29	Irrigação (US\$)	4,82E+12	3,80E+01	1,83E+14	1,33E+01	6,41E+13	NR
30	Administração (US\$)	4,82E+12	1,06E+00	5,11E+12	8,38E+00	4,04E+13	R
31	Impostos indiretos (US\$)	4,82E+12	5,99E-01	2,89E+12	8,50E-01	4,10E+12	R
		Energia total (23-31)		1,45E+15		1,06E+15	
		Energia total/ha		4,62E+16		3,79E+16	

- R – Recursos renováveis; NR – Recursos não renováveis

Tabela 3 - Descrição dos procedimentos de cálculo

Item	Descrição
1	Radiação solar incidente semestral por hectare ($\text{kcal.m}^{-2}\text{ano}^{-1}$) (ODUM, 1996).
2	Volume de água precipitada por hectare (l) . energia da água $4.940 \text{ (J.l}^{-1}\text{)}$ (NILSSON, 1997; BASTIANONI & MARCHETTINI, 2000; BARDY & BROWN, 2001; LEFROY & RYDBERG, 2003).
3	Consumo de água diário ($\text{l.dia}^{-1} . \text{ha}^{-1}$) . período de irrigação (100 dias) . $49.400 \text{ (J.l}^{-1}\text{)}$ (BARDY & BROWN, 2001; COMAR, 2001).
4	Altura da camada atmosférica (1000m) . densidade do ar ao nível do mar ($1,23 \text{ kg.m}^{-3}$) . tempo de controle ($1,5777\text{E}+07\text{s}$) . Coeficiente de difusão ($22,3 \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$) . gradiente vertical ($6,08\text{E}-03\text{m.s}^{-1} . \text{m}^{-1}$) ² (PHILOMENA, 1988).
5	Perda de solo ($1 \text{ kg.ha}^{-1} . \text{ano}^{-1}$). % matéria orgânica . $\text{g}^{-1}_{\text{solo}} . 5,4 \text{ kcal.kg}^{-1}$ (PHILOMENA, 1988)
6, 9, 10, 11	Energia metabólica diária ($1000 \text{ kcal.dia}^{-1}$) (BASTIANONI et al.,2001).
7	Massa (kg) . energia ($4000 \text{ kcal.kg}^{-1}$) (PIMENTEL, 1980; PHILOMENA, 1988).
8	kg de arroz . 200 kcal.kg^{-1} (PIMENTEL, 1980; PHILOMENA, 1988).
12	Consumo médio diesel (l.h^{-1}) . número horas . $4,78\text{E}+07 \text{ (J.l}^{-1}\text{)}$ (NILSSON, 1997; BASTIANONI & MARCHETTINI, 2000; BASTIANONI et al.,2001; BAKSHI, 2002)
13	Adubo (kg) . $[\text{NH}_3]$. $13.600 \text{ (kcal.kg}^{-1} \text{ NH}_3)$ (PIMENTEL, 1980; ODUM, 1996).
14, 19	a) Adubo (kg) . $[\text{NH}_3]$. $13.600 \text{ (kcal.kg}^{-1} \text{ NH}_3)$ (PIMENTEL, 1980; ODUM, 1996). b) Adubo (kg) . $[\text{P}_2\text{O}_5]$. $600 \text{ (kcal.kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5)$ (PIMENTEL, 1980; ODUM, 1996). c) Adubo (kg) . $[\text{K}_2\text{O}]$. $1.100 \text{ (kcal.kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O)}$ (PIMENTEL, 1980; ODUM, 1996).
15, 17, 20	Herbicida (l.ha^{-1}) . energia 47800000J.l^{-1} (PHILOMENA, 1988).
16, 18	(Horas . massa maquina e implemento (g)) . horas de vida útil ¹ (BASTIANONI et al.,2001; COMAR, 2001; ULGIATI, 2001).
21	Inseticida (kg) . Energia $86910 \text{ (kcal.kg}^{-1}\text{)}$ (PIMENTEL, 1980). (ORTEGA, 2003)
22	Combustível (l.km^{-1}) . km rodados . $4,78\text{E}+07 \text{ (J.l}^{-1}\text{)}$ (NILSSON, 1997; BASTIANONI & MARCHETTINI, 2000; BASTIANONI et al.,2001; BAKSHI, 2002)
23 a 31	Valor em Reais . cotação Dólar comercial americano no dia da venda ¹ (ODUM, 1996; ORTEGA, 2003).

Nota: $4186,8 \text{ J.kcal}^{-1}$, 1000 g.kg^{-1} , $10000 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$.

Nos insumos e serviços locais houve a menor diferença entre os sistemas, evidenciando assim que o sistema em transição tem uma tendência a concentrar renda e gerar trabalho local, pela maior demanda de mão de obra. Nos itens que compõe esse insumo (6, 9, 10 e 11) a demanda do convencional é 40,4% do total utilizado no sistema em transição, pois esse sistema demanda operações de manejo da cultura que são supridos por insumos químicos ou trabalhos mecanizados. A soma dos recursos de origem local, representados pelas contribuições ambientais e insumos e serviços locais, foi 95,2% das contribuições totais no sistema em transição e 78,1% no sistema convencional

No sistema convencional a participação das entradas de energia oriunda de recursos renováveis ($R = \sum \text{itens 1 a 11, 23, 24, 30 e 31}$) sobre o total das entradas que foi $3,69 \text{ E}+16 \text{ seJ.unid}^{-1}$, representa 74,8%. No sistema em transição o valor foi $3,68 \text{ E}+16 \text{ seJ.unid}^{-1}$, representando 97,1%. Considerando que a soma dos recursos renováveis nos dois sistemas é 0,2% menor no sistema em transição, a maior diferença está nas contribuições oriundas de recursos não renováveis, 11,4%, o que sob o enfoque ambiental indica que o sistema convencional foi menos sustentável.

Taxa de Emergia Produzida (EYR): É a proporção entre a energia produzida e a contribuição dos recursos humanos mais às contribuições dos insumos adquiridos e não renováveis.

Os valores obtidos para o sistema convencional foram 4,40 e para o sistema orgânico 17,32. Esses valores são maiores que os esperados para produtos agrícolas em geral, entre 1,1 e 2,0 de acordo com ORTEGA (2003). A diferença de valor quantifica a redução da dependência dos recursos adquiridos pelo sistema em transição comparado com o sistema convencional, apesar da maior contribuição dos recursos humanos verificada no sistema em transição.

Densidade de Emergia (ED): É a relação entre a energia dos produtos e a área utilizada. No sistema convencional o valor foi de $4,62\text{E}+12 \text{ seJ.m}^{-2}$ e no sistema em transição $3,79\text{E}+12 \text{ seJ.m}^{-2}$. A maior densidade de emergia do sistema convencional é devido ao uso de insumos químicos de elevada energia incorporada e que resultaram numa maior produtividade por área de arroz, quando comparada com o sistema em transição.

Esse valor é inferior aos obtidos por COMAR (2001), em propriedades de produção olerícola, onde obteve $6,92\text{E}+12$

seJ.m⁻² para uma propriedade biodinâmica e 10,3E+12 seJ.m⁻² para uma propriedade convencional, evidenciando a utilização mais intensiva de energia na forma de insumos, nesse tipo de produção, quando comparado com os sistemas de produção de grãos.

Renovabilidade emergética (%R): É a relação entre a energia dos recursos renováveis usados e a energia total usada no sistema. O sistema em transição não utilizou fertilizantes químicos e agrotóxicos, o que resultou num índice de renovabilidade de 97,2% contra 79,9% do sistema convencional.

CONCLUSÃO

O sistema de cultivo em transição para o cultivo orgânico ATLA mostrou ser um sistema com viabilidade econômica superior ao sistema convencional analisado. A lucratividade foi maior tanto em relação ao recurso terra, quanto ao recurso capital. Essa margem foi criada na redução de 29,5% dos custos de produção por hectare e nos 42,7% de valor agregado na venda do produto. Quanto ao papel social do sistema em transição, a maior utilização de mão de obra, a menor demanda de recursos de custeio e a maior renda por área cultivada, permitem o acesso a produtores menores, de menor acesso ao crédito e a geração de trabalho. O sistema convencional usou 40,4% da energia total de mão de obra usada no sistema orgânico e sua receita por hectare foi 3,6% menor.

Na análise emergética, o sistema em transição, mostra maior competitividade ambiental pela maior Taxa de Emergia Produzida (EYR) obtida 17,32 contra 4,4 para o sistema convencional, além da renovabilidade de 97,2% contra 79,9% do sistema convencional.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 592 p.
- BAKSHI, B. R. A thermodynamic framework for ecologically conscious process systems engineering. **Computers and Chemical Engineering**, Columbus, v.26, p.269–282, 2002.
- BARDY, E.; BROWN, M. T. **Emergy evaluation of ecosystems**, Florida: University of Florida, 2001. 99p.
- BASTIANONI, S.; MARCHETTINI, N. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. **Ecological Modeling**, Siena, v. 129, p.187–193, 2000.
- BASTIANONI, S. et al. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). **Journal of Cleaner Production**, Siena, v. 9, p.365–373, 2001.
- BROWN, M. T.; BURANAKARN, V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. **Resources Conservation and Recycling**, Florida, v. 0, p. 1–22, 2002.
- CHAN, G. L. Integrated farm system. **Landscape Planning**, Siena, v.12, p. 257–266, 1985.
- COMAR V. Emergy evaluation of organic and conventional horticultural production in Botucatu, São Paulo State, Brazil. In: BROWN M. T. **Emergy Synthesis**, Florida: University of Florida, 2001. Chapter 15, p.181-195.
- GOMES A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília – DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.
- LEFROY, E.; RYDBERG T. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. **Ecological Modeling**, Wembley, v.161, p. 195-211, 2003.
- NILSSON, D. Energy, Exergy and Emergy analysis of using straw as fuel in district heating plants. **Biomass and Bioenergy**, Uppsala, v.13, p. 1-16, 1997.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. 434p.
- ODUM, H. T. **Environmental accounting. Emergy and Environmental Decision Making**. New York: John Wiley & Sons, INC., 1996. 370p.
- ORON G. Management of on-farm agricultural wastes for energy and food recovery. **Jacob Blaustein Institute for Desert Research**, Bem-Gurion University of the Negev, Kiryat Sde-Boker, Israel 84990, p. 1-16, 1982.
- ORTEGA, E. Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia. **Arquivos da FEA/UNICAMP**. Capturado em 06 abr. 2003. Online. Disponível na Internet <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>.
- ORTEGA, E. Tabela de transformidades. **Arquivos da FEA/UNICAMP**. Capturado em 06 abr. 2003. Online. Disponível na Internet <http://www.unicamp.br/fea/ortega/transformid.htm>.
- PHILOMENA, A. L. **Preliminary study toward an integrative management of a coastal lagoon**. Georgia, 1988. 183 p. Theses of Doctor of Philosophy, University of Georgia.
- PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Florida: CRC Press, Inc., 1980. 464p.
- TON, S. et al. Ecological-economic evaluation of wetland management alternatives. **Ecological Engineering**, Taiwan, v.11, p. 291–302, 1998.
- ULGIATI, S. A Comprehensive energy and economic assessment of biofuels: When “Green” is not enough. **Critical reviews in Plant Sciences**, Siena, v. 20, p. 71–106, 2001.