Análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico

Enrique Ortega Rodrigues[1], José Guilherme Marinho Guerra[2], Renato Linhares Assis[2], Raul Lucena Duarte Ribeiro[3]

Resumo

A agricultura industrial depende do fluxo constante de recursos naturais não renováveis, principalmente de energia fóssil, que logo não serão capazes de atender a demanda crescente. A avaliação emergética quantifica a sustentabilidade dos sistemas de produção e seus indicadores são úteis para o planejamento dos agroecossistemas e de políticas públicas. O objetivo deste trabalho é revelar o diagnóstico emergético de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, sendo um sistema de produção e comercialização do tipo familiar-empresarial, em cadeia curta, e quatro sistemas de produção familiares cuja comercialização é realizada por meio de intermediários, em cadeias longas. A avaliação do desempenho emergético dos sistemas de produção observou as três etapas metodológicas recomendadas: (i) elaboração de diagrama sistêmico; (ii) construção da tabela de cálculo da emergia total; e, (iii) discussão dos indicadores emergéticos. A análise emergética indicou a emergia total (Y) variando de 1,72 a 6,24 E+17 seJ $ha^{-1}ano^{-1}$; transformidade (Tr) de 6,72E+06 a 3,14E+07 seJ/J; alta renovabilidade (R% = 60 a 85%); taxa de intercâmbio (EER) de 1,93 até 12,09; e, índice de sustentabilidade (ESI) de 3,54 até 39,71. Isto é, os sistemas produtivos contribuem para o crescimento econômico, sem ocorrência de perturbação grave ao equilíbrio ambiental, no médio e longo prazo. A maior eficiência da transformação da energia na cadeia produtiva orgânica pode ser alcançada por meio do aumento da produção comercializada; porém, as estratégias de desenvolvimento dos sistemas de produção e comercialização devem restringir os investimentos em recursos não renováveis, para melhoria da sustentabilidade, no longo prazo.

Palavras-chave: Sustentabilidade; análise emergética; olericultura orgânica

Análisis emergético de los sistemas de cultivos hortícolas bajo manejo orgánico

Resumen

La agricultura industrial depende del flujo constante de recursos naturales no renovables, especialmente energía fósil, que pronto será incapaz de satisfacer la creciente demanda. La evaluación emergético cuantifica la sostenibilidad de los sistemas de producción y sus indicadores son útiles para la planificación de los agroecosistemas y de las políticas públicas. El objetivo de este estudio es revelar lo diagnóstico emergético de cinco sistemas de cultivos hortícolas bajo manejo orgánico, siendo un sistema de producción y comercialización de lo tipo familiar-empresarial, de cadena corta, y cuatro sistemas de producción familiar, cuya comercialización se realiza a través de intermediarios en cadenas largas. La evaluación delo desempeño emergético de los sistemas de producción ha observado las tres etapas metodológicas recomendadas: (i) la elaboración de diagrama sistémico (ii) construcción de la tabla de cálculo de la emergia total, y (iii) la discusión de los indicadores emergéticos. El análisis emergético ha indicado la emergía total (Y) que van desde 1,72 hasta 6,24 E+17 seJ $ha^{-1}ano^{-1}$; transformidade (Tr) de 6,72E+06 hasta 3,14E+07 sej/J; alta renovabilidad (R = 60% hasta 85%), tasa de intercambio (EER) de 1,93 a 12,09, y el índice de sostenibilidad (ESI) 3,54 a 39,71. Es decir, los sistemas productivos contribuyen al crecimiento económico sin que se produzca el equilibrio, sin que ocurra perturbación ambiental grave en el mediano y largo plazo. La mayor eficiencia de transformación de energía en la cadena de producción orgánica se puede lograr mediante el aumento de la producción comercializada, pero las estrategias de desarrollo de los sistemas de producción y comercialización deben restringir las inversiones en recursos no renovables, para mejorar la sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: sostenibilidad; análisis emergética; cultivo orgánico.

Recebido em: 16 abr. 2010. Aceito para publicação em: 07 jul. 2010.

1 Universidade Estadual de Campinas - Unicamp. Autor para correpondêcia. E-mail:

2 Embrapa Agrobiologia

3 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Introdução

A disponibilidade de alimentos produzidos pela agricultura industrial depende do fluxo constante de recursos naturais não renováveis, principalmente energia fóssil. Atingido o pico de extração do petróleo, logo seus derivados não serão capazes de atender a demanda crescente e, em conseqüência, a produção agrícola e industrial declinará, e a produção de alimentos estará mais subordinada à disponibilidade de recursos renováveis e à mão-de-obra local (GLIESSMAN, 2005; ODUM e ODUM, 2006).

O conceito de sustentabilidade aplicado à agricultura foi evidenciado na Agenda 21. Os sistemas de produção agrícola do tipo ecológico, como a agricultura orgânica, têm apresentado resultados satisfatórios do ponto de vista econômico, ambiental e social (ASSIS, 2002). Em adendo, a análise emergética – às vezes referida como memória energética – é um método de avaliação integral e sistêmico da sustentabilidade, com indicadores úteis para o planejamento dos agroecossistemas e de políticas públicas para o desenvolvimento sistemas de produção sustentáveis, com base nos princípios da Agroecologia.

A energia solar é a fonte energética mais abundante na terra, que por ser dispersa, no tempo e no espaço, apresenta baixa qualidade quando comparada à qualidade de outras fontes de energia dela derivada. A cada transformação da energia em outro tipo diferente, certa quantidade de energia é degradada (2ª lei da termodinâmica) e a quantidade de energia remanescente (exergia) é menor; contudo, a qualidade da energia aumenta (emergia), em relação à etapa anterior. Em geral, muitos Joules de energia solar são requeridos para produzir um Joule de matéria orgânica, muitos Joules de matéria orgânica são usados para produzir um Joule de combustível fóssil, e assim por diante, muitos Joules de energia menos concentrada são previamente utilizados para produzir um Joule de energia mais concentrada. Desta forma, é conveniente expressar todos os tipos de energia em termos de energia solar equivalente.

A emergia é definida como a quantidade de energia previamente disponível, direta ou indiretamente, para gerar um recurso, produto, serviço ou informação; portanto, é uma medida universal do trabalho da natureza e da sociedade em uma base comum, expressa em Joules de energia solar equivalente (seJ, emjoule), para distingui-la do Joule (ODUM, 1996; BROWN e ULGIATI, 2004). Está claro que para tornar um recurso valioso é necessário o trabalho da natureza e do homem.

O valor real de um recurso é dado pela sua transformidade (Tr), que é um quociente similar à intensidade energética, mas que vai além do gasto energético comercial (AGOSTINHO, 2009). A transformidade é definida como a razão da emergia por unidade de energia potencial (exergia), e é expressa em termos de emjoule por joule (seJ J^{-1}); também, pode ser expressa em termos de emergia específica, definida como a emergia por massa (seJ.g^{-1}); ou, ainda, em termos de emergia por unidade monetária (seJ US$\$^{-1}$), que é a emergia total usada no território ou nação divida pelo produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares[1]. A transformidade da energia solar absorvida pela terra, por definição, é igual a 1 seJ J^{-1} (ODUM, 1996; BROWN e ULGIATI, 2004).

Para avaliação emergética é necessário conhecer o sistema de produção em estudo, os principais componentes, as relações internas e quantificar os fluxos de energia e massa que entram e saem. O orçamento do fluxo de entrada deve contabilizar as contribuições gratuitas da natureza (I) e as adquiridas da economia (F).

Usualmente, os fluxos dos recursos ambientais (I) e os econômicos (F) são informados em unidades diferentes (J ano^{-1}, kg ano^{-1} ou \$ ano^{-1}); e, não podem ser contabilizados. A solução da análise emergética é convertê-los em termos de emjoules (seJ). Para a conversão, o valor numérico do fluxo expresso na sua unidade usual é multiplicado pelo respectivo valor de transformidade (seJ J^{-1}, seJ kg^{-1}, seJ.$\$^{-1}$). Então, transformados todos os fluxos de entrada em termos de energia solar equivalente (seJ), os recursos usados no sistema de produção podem ser contabilizados.

Os principais indicadores emergéticos são (ODUM, 1996; ORTEGA et al., 2002; BROWN e ULGIATI, 2004): emergia total (Y),

1 Transformidade ou Intensidade Emergética (Unit emergy values); portanto, existem três tipos de Intensidade Emergética (seJ J^{-1}, seJ g^{-1} e seJ $\$^{-1}$).

transformidade (Tr), taxa de rendimento emergética (EYR), renovabilidade (R%), taxa de investimento emergéticos (EIR), carga ambiental (ELR), índice de sustentabilidade emergética (ESI) e taxa de intercâmbio (EER).

O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade de cinco sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, em estabelecimentos familiares, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, através da análise emergética, partindo-se do pressuposto que os sistemas de produção e comercialização devem apresentar desempenho global satisfatório, em longo prazo.

Material e métodos

Para avaliação emergética dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico foram selecionadas cinco (5) unidades certificadas pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO), na Região Serrana Fluminense (Tabela 1).

O sistema 1 é um estabelecimento familiar-empresarial, formado pela parceria de uma família de agricultores e outra família de proprietários da terra. Trata-se de um sistema de produção e comercialização diversificado (hortaliças herbáceas, tuberosas e frutos), com entregas em domicílios, hotéis, lojas e restaurantes, configurando um arranjo produtivo em cadeia curta de comercialização. Os sistemas 2 e 3 são estabelecimentos familiares de produção de olerícolas diversificados, onde os produtos são vendidos para intermediários, configurando arranjos em cadeia longa. Os sistemas 4 e 5 são propriedades familiares especializadas na produção de hortaliças frutos, principalmente o chuchu - *Sechium edule*, em cadeia longa de comercialização.

A análise emergética observou as três etapas metodológicas: (i) elaboração de diagrama sistêmico; (ii) construção de tabela do cálculo da emergia total; e, (iii) discussão dos indicadores emergéticos (ODUM, 1996; ORTEGA et al. 2002; BROWN e ULGIATI, 2004).

Os fluxos de entrada e saída dos sistemas de produção foram quantificados por meio de informações dos agricultores, dados da literatura, medições de campo, amostragem de insumos e produtos, acompanhamento e monitoramento das unidades de produção, durante o período de janeiro a dezembro de 2008.

O desempenho emergético foi avaliado através dos indicadores clássicos (ODUM, 1996; BROWN e ULGIATI, 2004) e os modificados que incluem o conceito de renovabilidade parcial (fração renovável) de cada fluxo de entrada (ORTEGA et al., 2002; AGOSTINHO, 2005; TAKAHASHI et al., 2008).

Para representação gráfica dos resultados de desempenho emergético foi elaborado um diagrama ternário (BARRELLA et al, 2005; GIANETTI et al., 2007)[1]; sendo os três fluxos agregados em: (i) recursos ambientais (I), englobando os recursos naturais renováveis e não renováveis gratuitos; (ii) recursos financeiros renováveis (F_R); e, (iii) recursos financeiros não renováveis (F_N).

Nos itens seguintes é fornecida uma descrição dos indicadores emergéticos:

a) Transformidade (seJ J-1) - é a emergia total (Y = I + F) em seJ, dividida pela energia produzida (E) em Joule (ODUM, 1996). Avalia a eficiência do sistema (Tr = Y / E). O menor valor indica

1 O gráfico foi desenhado com ProSim Ternary Diagram (http://www.prosim.net/en/index.html).

Tabela 1. Características dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.

Código	Latitude	Longitude	Altitude	Precipitação	SAU [(1)] (ha)	Produção [(2)] kg ha^{-1} ano^{-1}	Produção [(2)] US$ ha^{-1} ano^{-1}
1	22º 16' (S)	43º 02'(W)	926 m	1500 mm	0,7	18.604	64.304,00
2	22º 15'(S)	42º 58'(W)	1081 m	1500 mm	0,7	14.886	8.607,00
3	22º 15'(S)	42º 58'(W)	1065 m	1500 mm	0,8	23.966	14.934,00
4	22º 11'(S)	42º 55'(W)	722 m	1400 mm	0,3	36.828	13.189,00
5	22º 11'(S)	42º 55'(W)	719 m	1400 mm	0,4	25.596	10.961,00

[(1)] Superfície agrícola utilizada. [(2)] Peso fresco comercializado; US$ 1 = R$ 1,71.

maior eficiência de transformação da energia. E, a maior transformidade indica que o sistema ocupa uma posição superior na hierarquia da energia na biosfera. A transformidade do sistema indica, também, o valor real do produto.

b) Renovabilidade (R%) – é a porcentagem de emergia renovável. Sistemas com alta renovabilidade prevalecem, no longo prazo. Equações: R = (R / Y) x 100 (ODUM, 1996); Rm = [(R+MR+SR) / Y] x 100 (ORTEGA et al., 2002).

c) Taxa de Rendimento (EYR) - indica a habilidade do sistema em explorar os recursos locais e disponibilizá-los na forma de produtos, em resposta aos investimentos externos. Quando EYR é igual a um (EYR=1), indica que a emergia dos recursos locais é exatamente igual à quantidade de emergia que é provida da economia; portanto, o sistema não tem nenhum potencial de contribuição para o crescimento econômico. Segundo BROWN e ULGIATI (2004), a energia liquida de contribuição é pequena quando: 1 < EYR < 2; moderada: 2 < EYR < 5; e, alta: EYR > 5. Os sistemas com EYR > 5 têm potencial de contribuição significativo para o crescimento socioeconômico. Equações: EYR = Y / F (ODUM, 1996); EYRm = Y / [M_N+S_N] (ORTEGA, et al., 2002).

d) Taxa de Investimento (EIR) – avalia o uso eficiente da emergia dos investimentos em recursos da economia. O menor valor de EIR indica menor gasto de emergia não renovável, principalmente, condição que diminui o custo de produção e propicia melhor desempenho no mercado. Pode ser interpretado como um índice de competitividade: EIR menor, competitividade maior (EIR ↓ = competitividade ↑). Equações: EIR = F / I (ODUM, 1996); EIRm = [M_N+S_N] / [R+N + M_R+S_R] (ORTEGA et al., 2002).

e) Carga Ambiental (ELR) – indica o estresse que o sistema exerce sobre o ambiente. Teoricamente, ELR = 0 indica ecossistemas naturais maduros. Quanto maior a ELR, devido ao uso de recursos não renováveis, maior é a distância entre os sistemas de produção e os ecossistemas locais. Segundo BROWN e ULGIATI (2004), ELR < 2 indica baixa carga ambiental. E, o estresse é moderadamente baixo quando: 2 < ELR < 3; moderado: 3 < ELR < 10; e, alto: ELR > 10. Equações: ELR = (N + F) / R (BROWN e ULGIATI, 2004); ELRm = [N+M_N+S_N] / [R+M_R+S_R] (ORTEGA et al., 2002).

f) Índice de Sustentabilidade (ESI) – avalia a contribuição do sistema para a economia por unidade de carga ambiental. O ESI < 1 indica sistema não sustentável. Sistemas com ESI > 1 contribuem para o crescimento econômico, sem grave perturbação ambiental; porém, valores intermediários (1 < ESI < 5) caracterizam sustentabilidade no médio prazo. O EIS > 5 indica sustentabilidade no longo prazo. Equação: ESI = EYR / ELR (BROWN e ULGIATI, 2004).

g) Taxa de Intercâmbio – é a razão da emergia do produto pela emergia do dinheiro. Quando EER = 1, o produtor e o consumidor obtêm a mesma quantidade de emergia, indicando que nenhum parceiro comercial tem vantagem relativa sobre o outro. Quando EER < 1, o produtor tem vantagem sobre o consumidor. E, EER > 1, o produtor perde emergia, empobrece; ou seja, a razão emergética é em benefício do consumidor. Equação: EER= Y/ [$ x (seJ/$)] (ODUM, 1996).

Neste trabalho, a transformidade do dinheiro (seJ $\$^{-1}$, Emdólar, Em$) foi calculada pela equação: Em$ = {[248,0 + 878,16*EXP(-1* ((ano-1981) / 9,49))] /100} *10^{12} * 1,68 (AGOSTINHO, 2005). O valor do Emdólar (Em$) estimado foi 5,02E+12 seJ US$$^{-1}$, para o ano de 2008. Da mesma forma, as transformidades utilizadas foram corrigidas pelo fator 1,68 - considerando a emergia global (*baseline*) equivalente a 15,83E24 seJ ano^{-1} (BROWN e ULGIATI, 2004).

Resultados e discussão

O diagrama geral dos agroecossistemas sob manejo orgânico, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, mostra que são sistemas de produção e comercialização de olerícolas e criação de pequenos animais para o autoconsumo (Figura 1).

Os valores dos fluxos emergéticos e a emergia total dos sistemas de produção são apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

A emergia total (Y) dos cinco sistemas

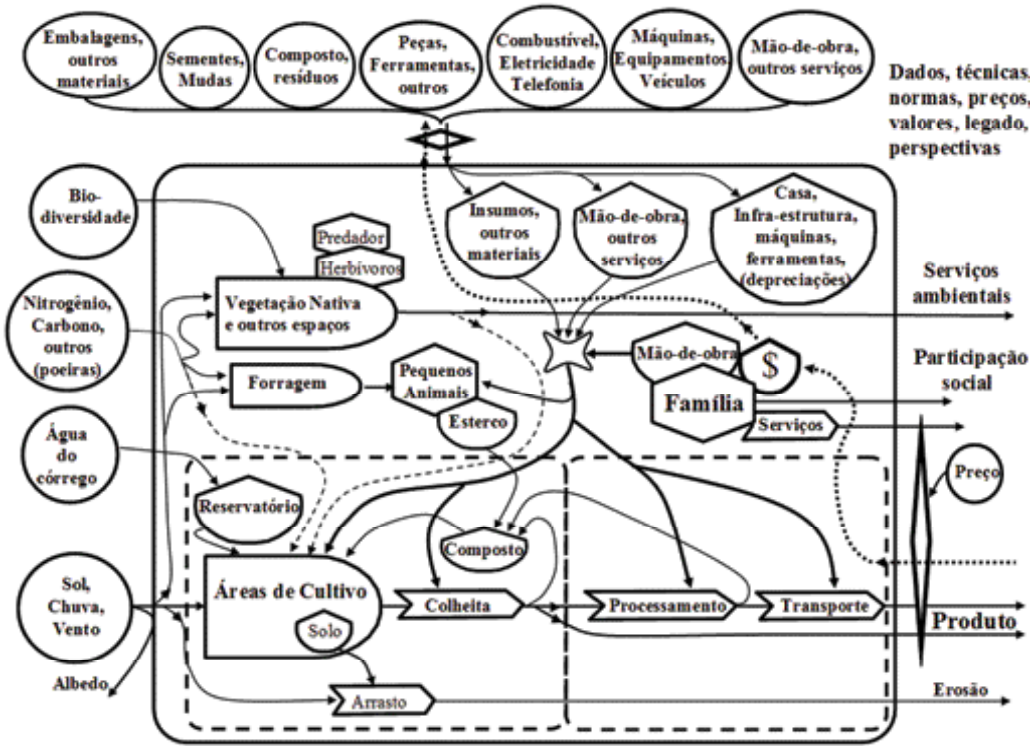

Figura 1. Diagrama geral dos sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro.

variou de 1,72E+17 a 8,01E+17 seJ. A contribuição da mão-de-obra para a emergia total variou de aproximadamente 70 a 90% (S1 = 71% < S3 = 84% < S2 = 88% < S5 = 91% < S4 = 92%). O uso intensivo da mão-de-obra familiar, principalmente, foi uma característica dos sistemas estudados.

Os indicadores emergéticos clássicos (EYR, EIR, R, ELR, EIS e EER) e os indicadores modificados (EYRm, EIRm, Rm, ELRm e EISm) calculados apresentaram valores bastante distintos (Tabela 7).

Verifica-se, pela simples observação dos valores, que os indicadores modificados exprimem melhor a realidade dos agroecossistemas estudados. Segundo ORTEGA et al.(2002), os indicadores modificados permitem uma avaliação mais apropriada do desempenho emergético dos sistemas de produção.

A transformidade (Tr) dos sistemas variou de 6,72 E+06 a 3,14 E+07 seJ/ J. O ordenamento da transformidade dos sistemas foi o seguinte: S3 = 6,72 E+06 < S2 = 1,67 E+07 < S5 = 2,32 E+07 < S4 = 3,06 E+07 < S1 = 3,14 E+07. Destacam-se dois grupos: o sistema 1 que apresentou a maior Tr (6,24 E+17); e, o grupo dos sistemas 2, 3, 4 e 5, sendo que o sistema 3 apresentou a menor transformidade. Segundo COMAR (1998) e CUVILLIER (2005), as transformidades dos sistemas de produção de olerícolas orgânicos e convencionais são, em média, 2,37E+5 e 6,3E+6 seJ/J, respectivamente; portanto, esses autores obtiveram valores menores que os encontrados neste trabalho. Não obstante, explica-se a diferença principalmente pela variação do volume de produto comercializado. A razão da emergia pela exergia produzida é sensível à quantidade de energia disponível que foi considerada no estudo.

A renovabilidade (R%) indica a durabilidade, somente sistemas com alta renovabilidade são sustentáveis, no longo prazo; principalmente devido à crescente escassez de recursos naturais não renováveis (combustíveis fósseis, agroquímicos, minerais). Em geral, os sistemas estudados apresentaram alta renovabilidade (Rm%), variando de aproximadamente

Tabela 2. Sistema de produção e comercialização de olerícolas, em cadeia curta, em estabelecimento familiar-empresarial. Sistema 1. (Fluxos em unidade ha^{-1} ano^{-1}).

Notas [a]	Valor		FR [b]	Transformidade		Emergia (seJ)			US$
						R [c]	NR [d]	Total	
1. Chuva	7,50E10	J	1	3,06E4	seJ/J	2,30E15	0,00E00	2,30E15	456,81
2. Irrigação	1,50E10	J	1	2,96E5	seJ/J	4,44E15	0,00E00	4,44E15	882,81
R [e]						6,73E15	0,00E00	6,73E15	1.339,62
3. Erosão	2,50E08	J	0	1,24E5	seJ/J	0,00E00	2,16E13	2,16E13	7,23
N [f]						0,00E00	2,16E13	2,16E13	7,23
I = R + N [g]						6,73E15	2,16E13	6,75E15	1.346,84
4. Composto	2.019,95	US$	0,60	5,02E12	seJ/US$	6,08E15	4,05E15	1,01E16	2.019,95
5. Mudas	3.325,40	US$	0,70	5,02E12	seJ/US$	1,17E16	5,01E15	1,67E16	3.325,40
MR [h]						1,78E16	9,07E15	2,69E16	5.345,35
6. Depreciação I	5.071,57	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	1,27E15	2,42E16	2,55E16	5.071,57
7. Depreciação II	1.547,51	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	3,89E14	7,39E15	7,77E15	1.547,51
8. Combustível	3,68E10	J	0,01	1,86E05	seJ/J	6,86E13	6,80E15	6,86E15	1.366,42
9. Ferramentas	3.797,42	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	9,54E14	1,81E16	1,91E16	3.797,42
10. Sementes	1.136,01	US$	0,23	5,02E12	seJ/US$	1,31E15	4,39E15	5,71E15	1.136,01
MN [i]						4,00E15	6,09E16	6,49E16	12.918,94
M = MR + MN [j]						2,18E16	7,00E16	9,18E16	18.264,30
11. Mão-de-obra I	1,12E10	J	0,9	1,85E07	seJ/J	1,86E17	2,07E16	2,07E17	41.243,64
12. Mão-de-obra II	3,74E09	J	0,6	1,85E07	seJ/J	4,14E16	2,76E16	6,91E16	13.747,88
13. Mão-de-obra III	8,97E09	J	0,6	1,85E07	seJ/J	9,95E16	6,63E16	1,66E17	32.994,92
SR [k]						3,27E17	1,15E17	4,42E17	87.986,44
14. Eletricidade	2,06E10	J	0,5	5,64E05	seJ/J	5,80E15	5,80E15	1,16E16	2.309,04
15. Fretes	8.513,83	US$	0,01	5,02E12	seJ/US$	4,28E14	4,23E16	4,28E16	8.513,83
16. Mecanização	467,43	US$	0,01	5,02E12	seJ/US$	2,35E13	2,32E15	2,35E15	467,43
17. Roçada	1.151,04	US$	0,6	5,02E12	seJ/US$	3,47E15	2,31E15	5,78E15	1.151,04
18. Telefonia	1.051,71	US$	0,5	5,02E12	seJ/US$	2,64E15	2,64E15	5,28E15	1.051,71
19. Impostos	3.155,13	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	7,93E14	1,51E16	1,59E16	3.155,13
SN [l]						1,32E16	7,05E16	8,36E16	16.648,17
S = SR + SN [m]						3,41E17	1,85E17	5,26E17	104.634,61
F = M + S [n]						3,62E17	2,55E17	6,17E17	122.898,91
Y. Emergia [o]						3,69E17	2,55E17	6,24E17	124.245,75
O. Energia [p]		J						1,99E10	

[a] Notas explicativas em apêndice. [b] FR: fração renovável. [c] R: Emergia renovável. [d] NR: Emergia não renovável. [e] R: Recursos naturais renováveis. [f] N: Recursos naturais não renováveis. [g] I: Recursos naturais. [h] MR: Materiais renováveis da economia. [i] MN: Materiais não renováveis da economia. [j] M: Materiais da economia. [k] SR: Serviços renováveis da economia. [l] SN: Serviços não renováveis da economia. [m] S: Serviços da economia. [n] F: Recursos da economia. [o] Emergia (Y) = I + F. [p] Energia disponível dos alimentos produzidos.

Tabela 3. Sistema de produção de olerícolas e comercialização em cadeia longa, em estabelecimento familiar, com contratação sazonal de mão-de-obra local. Sistema 2. (Fluxos em unidade ha^{-1} ano^{-1}).

Notas [a]	Valor		FR [b]	Transformidade		Emergia (seJ)			US$
						R [c]	NR [d]	Total	
1. Chuva	7,50E10	J	1	3,06E04	seJ/J	2,30E15	0,00E00	2,30E15	456,81
2. Irrigação	1,50E10	J	1	2,96E05	seJ/J	4,44E15	0,00E00	4,44E15	882,81
R [e]						6,73E15	0,00E00	6,73E15	1.339,62
3. Erosão	5,77E08	J	0	1,24E5	seJ/J	0,00E00	7,15E13	7,15E13	23,92
N [f]	5,77E08	J	0	1,24E5	seJ/J	0,00E00	7,15E13	7,15E13	23,92
I = R + N [g]						6,73E15	7,15E13	6,80E15	1.363,53
4. Composto	701,14	US$	0,60	5,02E12	seJ/US$	2,11E15	1,40E15	3,52E15	701,14
5. Sementes I	0,71	kg	0,42	1,68E12	seJ/kg	5,04E11	6,96E11	1,20E12	0,24
6. Mudas	801,30	US$	0,7	5,02E12	seJ/US$	2,82E15	1,21E15	4,03E15	801,30
MR [h]						4,93E15	2,62E15	7,55E15	1.502,68
7. Combustível	1,55E10	J	0,01	1,86E05	seJ/J	2,90E13	2,87E15	2,90E15	576,93
8. Sementes II	0,71	kg	0,23	1,68E12	seJ/kg	2,76E11	9,24E11	1,20E12	0,24
9. Depreciação I	365,87	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	9,19E13	1,75E15	1,84E15	365,87
10. Depreciação II	1051,71	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	2,64E14	5,02E15	5,28E15	1.051,71
11. Ferramentas	479,95	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	1,21E14	2,29E15	2,41E15	479,95
MN [i]						5,06E14	1,19E16	1,24E16	2.474,70
M = MR + MN [j]						5,44E15	1,45E16	2,00E16	3.977,38
11. Mão-de-obra I	1,19E10	J	0,9	1,85E07	seJ/J	1,98E17	2,20E16	2,20E17	43.718,26
12. Mão-de-obra II	7,77E08	J	0,6	1,85E07	seJ/J	8,62E15	5,75E15	1,44E16	2.859,56
SR [k]						2,06E17	2,77E16	2,34E17	46.577,82
14. Eletricidade	6,85E09	J	0,5	5,64E05	seJ/J	1,93E15	1,93E15	3,87E15	769,68
SN [l]	6,85E09	J	0,5	5,64E05	seJ/J	1,93E15	1,93E15	3,87E15	769,68
S = SR + SN [m]						2,08E17	2,96E16	2,38E17	47.347,50
F = M + S [n]						2,13E17	4,36E16	2,57E17	51.093,98
Y. Emergia [o]						2,20E17	4,43E16	2,65E17	52.688,41
O. Energia [p]		J						1,59E10	

(a) Notas explicativas em apêndice. [b] FR: fração renovável. [c] R: Emergia renovável. [d] NR: Emergia não renovável. [e] R: Recursos naturais renováveis. [f] N: Recursos naturais não renováveis. [g] I: Recursos naturais. [h] MR: Materiais renováveis da economia. [i] MN: Materiais não renováveis da economia. [j] M: Materiais da economia. [k] SR: Serviços renováveis da economia. [l] SN: Serviços não renováveis da economia. [m] S: Serviços da economia. [n] F: Recursos da economia. [o] Emergia (Y) = I + F. [p] Energia disponível dos alimentos produzidos.

60% a 85%. O ordenamento da Rm% dos sistemas foi o seguinte: S1 = 59,13% < S3 = 71,25% < S2 = 83,28% < S4 = 84,95% < S5 = 85,34%. O sistema 1 que apresentou a menor renovabilidade (Rm = 60%), trata-se de um arranjo produtivo em cadeia curta de comercialização. O processamento mínimo das hortaliças e as entregas diretas implicam em maior dependência de materiais e serviços (não renováveis); porém, a renovabilidade de 60% é alta, comparada à renovabilidade de aproximadamente 30% dos sistemas agro-industriais convencionais (ODUM, 2001).

Os rendimentos emergéticos (EYRm) dos sistemas estudados apresentaram taxas variando de 2,45 a 6,82. O ordenamento da EYRm dos sistemas foi o seguinte: S1 = 2,45 < S3 = 3,48 < S2 = 5,99 < S4

Tabela 4. Sistema de produção de olerícolas e comercialização em cadeia longa, em estabelecimento familiar, com contratação permanente de mão-de-obra local. Sistema 3. (Fluxos em unidade ha^{-1} ano^{-1}).

Notas [a]	Valor		FR [b]	Transformidade		Emergia (seJ)			US$
						R [c]	NR [d]	Total	
1. Chuva	7,50E10	J	1	3,06E4	seJ/J	2,30E15	0,00E00	2,30E15	456,81
2. Irrigação	1,50E10	J	1	2,96E5	seJ/J	4,44E15	0,00E00	4,44E15	882,81
R [e]						6,73E15	0,00E00	6,73E15	1.339,62
3. Erosão	2,50E08	J	0	1,24E5	seJ/J	0,00E00	3,10E13	3,10E13	10,38
N [f]						0,00E00	3,10E13	3,10E13	10,38
I = R + N [g]						6,73E15	3,10E13	6,76E15	1.350,00
4. Composto	920,25	US$	0,60	5,02E12	seJ/US$	2,77E15	1,84E15	4,62E15	920,25
5. Semente	0,25	kg	0,42	1,68E12	seJ/kg	1,76E11	2,44E11	4,20E11	0,08
6. Mudas	613,50	US$	0,70	5,02E12	seJ/US$	2,16E15	9,25E14	3,08E15	613,50
MR [h]						4,93E15	2,77E15	7,71E15	1.533,83
7. Combustível	4,29E09	J	0,01	1,86E05	seJ/J	8,01E12	7,93E14	8,01E14	159,42
8. Sementes	2,44	kg	0,23	1,68E12	seJ/kg	9,42E11	3,15E12	4,10E12	0,82
9. Depreciação I	331,09	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	8,32E13	1,58E15	1,66E15	331,09
10. Depreciação II	920,25	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	2,31E14	4,39E15	4,62E15	920,25
11. Ferramentas	409,00	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	1,03E14	1,95E15	2,05E15	409,00
MN [i]						4,26E14	8,72E15	9,15E15	1.820,57
M = MR + MN [j]						5,36E15	1,15E16	1,69E16	3.354,39
12. Mão-de-obra I	3,92E09	J	0,9	1,85E07	seJ/J	6,53E16	7,25E15	7,25E16	14.435,28
13. Mão-de-obra II	3,92E09	J	0,6	1,85E07	seJ/J	4,35E16	2,90E16	7,25E16	14.435,28
SR [k]						1,09E17	3,63E16	1,45E17	28.870,55
14. Eletricidade	5,81E09	J	0,5	5,64E05	seJ/J	1,64E15	1,64E15	3,28E15	652,23
SN [l]						1,64E15	1,64E15	3,28E15	652,23
S = SR + SN [m]						1,10E17	3,79E16	1,48E17	29.522,78
F = M + S [n]						1,16E17	4,94E16	1,65E17	32.877,18
Y. Emergia [o]						1,23E17	4,94E16	1,72E17	34.227,18
O. Energia [p]		J						2,56E10	

(a) Notas explicativas em apêndice. [b] FR: fração renovável. [c] R: Emergia renovável. [d] NR: Emergia não renovável. [e] R: Recursos naturais renováveis. [f] N: Recursos naturais não renováveis. [g] I: Recursos naturais. [h] MR: Materiais renováveis da economia. [i] MN: Materiais não renováveis da economia. [j] M: Materiais da economia. [k] SR: Serviços renováveis da economia. [l] SN: Serviços não renováveis da economia. [m] S: Serviços da economia. [n] F: Recursos da economia. [o] Emergia (Y) = I + F. [p] Energia disponível dos alimentos produzidos.

= 6,65 < S5 = 6,82. Comumente, os valores da taxa de rendimento (EYR) dos sistemas agrícolas variam de 1 a 4 (ORTEGA et al., 2001). De acordo com a classificação de BROWN e ULGIATI (2004), o sistema 1 (EYRm=2,45) e o sistema 3 (EYRm=3,48) apresentaram emergia líquida moderada; e, os sistemas 2, 4 e 5 (EYRm > 5) apresentaram alto potencial de contribuição para o crescimento econômico.

A taxa de investimento (EIRm) avalia a quantidade de recursos não renováveis adquiridos da economia, em relação aos recursos naturais renováveis utilizados. A taxa de investimento variou de 0,17 a 0,69. O ordenamento da EIRm foi o seguinte: S5 =

Tabela 5. Sistema de produção de chuchu e outros frutos, com comercialização em cadeia longa, em propriedade familiar. Sistema 4. (Fluxos em unidade ha^{-1} ano^{-1}).

Notas [a]	Valor		FR [b]	Transformidade		Emergia (seJ)			US$
						R [c]	NR [d]	Total	
1. Chuva	7,00E10	J	1	3,06E04	seJ/J	2,14E15	0,00E00	2,14E15	426,36
2. Irrigação	9,00E09	J	1	2,96E05	seJ/J	2,66E15	0,00E00	2,66E15	529,68
R [e]						4,80E15	0,00E00	4,80E15	956,04
3. Erosão	2,11E08	J	0	1,24E05	seJ/J	0,00E00	2,61E13	2,61E13	8,73
N [f]						0,00E00	2,61E13	2,61E13	8,73
I = R + N [g]						4,80E15	2,61E13	4,83E15	964,77
4. Composto	1,67E11	J	0,8	4,45E04	seJ/J	5,96E15	1,49E15	7,45E15	1.483,77
5. Sementes	9,56E08	J	1	1,75E05	seJ/J	1,67E14	0,00E00	1,67E14	33,26
MR [h]						6,13E15	1,49E15	7,62E15	1.517,03
6. Depreciação I	3.947,80	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	9,92E14	1,88E16	1,98E16	3.947,80
7. Depreciação II	579,35	US$	0,40	5,02E12	seJ/US$	1,16E15	1,75E15	2,91E15	579,35
8. Ferramentas	116,86	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	2,94E13	5,58E14	5,87E14	116,86
9. Combustível	3,18E09	J	0,01	1,86E05	seJ/J	5,93E12	5,87E14	5,93E14	118,09
MN [i]						2,19E15	2,17E16	2,39E16	4.762,09
M = MR + MN [j]						6,76E17	1,20E17	7,96E17	158.438,88
10. Mão-de-obra	3,98E10	J	0,90	1,85E07	seJ/J	6,61E17	7,35E16	7,35E17	146.277,46
SR [k]						6,61E17	7,35E16	7,35E17	146.277,46
11. Eletricidade	1,70E10	J	0,5	5,64E05	seJ/J	4,80E15	4,80E15	9,59E15	1.909,17
12. Impostos	3.973,12	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	9,98E14	1,90E16	2,00E16	3.973,12
SN [l]						5,79E15	2,38E16	2,96E16	5.882,30
S = SR + SN [m]						6,67E17	9,72E16	7,64E17	152.159,76
F = M + S [n]						6,76E17	1,20E17	7,96E17	158.438,88
Y. Emergia [o]						6,80E17	1,20E17	8,01E17	159.403,65
O. Energia [p]		J						2,62E10	

(a) Notas explicativas em apêndice. [b] FR: fração renovável. [c] R: Emergia renovável. [d] NR: Emergia não renovável. [e] R: Recursos naturais renováveis. [f] N: Recursos naturais não renováveis. [g] I: Recursos naturais. [h] MR: Materiais renováveis da economia. [i] MN: Materiais não renováveis da economia. [j] M: Materiais da economia. [k] SR: Serviços renováveis da economia. [l] SN: Serviços não renováveis da economia. [m] S: Serviços da economia. [n] F: Recursos da economia. [o] Emergia (Y) = I + F. [P] Energia disponível dos alimentos produzidos.

0,17 < S4 = 0,18 < S2 = 0,20 < S3 = 0,40 < S1 = 0,69. Justifica-se a maior taxa de investimento apresentada pelo sistema 1 (EIRm = 0,69) principalmente devido aos investimentos realizados na estrutura de comercialização. Em geral, os sistemas orgânicos estudados mostraram eficiência no investimento em emergia não renovável, e, em conseqüência, seus produtos e serviços podem ser considerados competitivos no mercado, no longo prazo.

A carga ambiental (ELRm) indica o grau de estresse ambiental provocado pelos agroecossistemas. Os sistemas apresentaram ELRm de 0,17 a 0,69. O ordenamento da ELRm foi o seguinte: S5 = 0,17 < S4 = 0,18 < S2 = 0,20 < S3 = 0,20 < S5 = 0,69. A ELR < 2 indica baixa carga ambiental (BROWN e ULGIATI, 2004). Em geral, os sistemas orgânicos estudados apresentaram carga ambiental muito baixa, portanto, são considerados sustentáveis. Não obstante, a menor a carga ambiental indica maior sustentabilidade, em longo prazo.

Tabela 6. Sistema de produção de chuchu e outros frutos, com comercialização em cadeia longa, em propriedade familiar. Sistema 5. (Fluxos em unidade ha^{-1} ano^{-1}).

Notas [a]	Valor		FR [b]	Transformidade		Emergia (seJ)			US$
						R [c]	NR [d]	Total	
1. Chuva	7,00E10	J	1	3,06E04	seJ/J	2,14E15	0,00E00	2,14E15	426,36
2. Irrigação	9,00E09	J	1	2,96E05	seJ/J	2,66E15	0,00E00	2,66E15	529,68
R [e]						4,80E15	0,00E00	4,80E15	956,04
3. Erosão	2,29E08	J	0	1,24E05	seJ/J	0,00E00	2,83E13	2,83E13	9,48
N [f]						0,00E00	2,83E13	2,83E13	9,48
I = R + N [g]						4,80E15	2,83E13	4,83E15	965,52
4. Composto	1,67E11	J	0,60	4,45E04	seJ/J	4,47E15	2,98E15	7,45E15	1.483,77
5. Sementes	9,56E08	J	1	1,75E05	seJ/J	1,67E14	0,00E00	1,67E14	33,26
MR [h]						4,64E15	2,98E15	7,62E15	1.517,03
6. Depreciação I	2.982,76	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	7,49E14	1,42E16	1,50E16	2.982,76
7. Depreciação II	579,35	US$	0,40	5,02E12	seJ/US$	1,16E15	1,75E15	2,91E15	579,35
8. Ferramentas	116,86	US$	0,05	5,02E12	seJ/US$	2,94E13	5,58E14	5,87E14	116,86
9. Combustível	2,39E09	J	0,01	1,86E05	seJ/J	4,45E12	4,40E14	4,45E14	88,56
MN [i]						1,95E15	1,70E16	1,89E16	3.767,53
M = MR + MN [j]						6,59E15	2,00E16	2,65E16	5.284,56
10. Mão-de-obra	2,08E10	J	0,90	1,85E07	seJ/J	3,46E17	3,84E16	3,84E17	76.506,96
SR [k]						3,46E17	3,84E16	3,84E17	76.506,96
11. Eletricidade	1,27E10	J	0,5	5,64E05	seJ/J	3,60E15	3,60E15	7,19E15	1.431,88
SN [l]						3,60E15	3,60E15	7,19E15	1.431,88
S = SR + SN [m]						3,50E17	4,20E16	3,92E17	77.938,84
F = M + S [n]						3,56E17	6,20E16	4,18E17	83.223,40
Y. Emergia [o]						3,61E17	6,20E16	4,23E17	84.188,92
O. Energia [p]								1,82E10	

(a) Notas explicativas em apêndice. [b] FR: fração renovável. [c] R: Emergia renovável. [d] NR: Emergia não renovável. [e] R: Recursos naturais renováveis. [f] N: Recursos naturais não renováveis. [g] I: Recursos naturais. [h] MR: Materiais renováveis da economia. [i] MN: Materiais não renováveis da economia. [j] M: Materiais da economia. [k] SR: Serviços renováveis da economia. [l] SN: Serviços não renováveis da economia. [m] S: Serviços da economia. [n] F: Recursos da economia. [o] Emergia (Y) = I + F. [p] Energia disponível dos alimentos produzidos.

Tabela 7. Indicadores clássicos e modificados dos sistemas produção.

Indicador [1]		Unidade	Sistemas de Produção				
			1	2	3	4	5
1	TR	seJ J^{-1}	3,14E+07	1,67E+07	6,72 E+06	3,06E+07	2,32E+07
2	R	%	1,08	2,54	3,91	0,60	1,14
3	Rm	%	59,13	83,28	71,25	84,95	85,34
4	EYR	Adimensional	1,01	1,03	1,04	1,01	1,01
5	EYRm	Adimensional	2,45	5,99	3,48	6,65	6,82
6	EIR	Adimensional	91,45	37,91	24,43	164,83	86,54
7	EIRm	Adimensional	0,69	0,20	0,40	0,18	0,17
8	ELR	Adimensional	91,75	38,32	24,55	165,73	87,06
9	ELRm	Adimensional	0,69	0,20	0,40	0,18	0,17
10	ESI	Adimensional	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01
11	ESIm	Adimensional	3,54	29,82	8,63	37,53	39,71
12	EER	Adimensional	1,93	6,12	2,29	12,09	7,68

O índice de sustentabilidade avalia a relação benefício/custo dos sistemas produtivos, o uso ótimo dos recursos ambientais e investimentos da economia com a menor carga ambiental (ESI = EYR / ELR). O ESIm variou de 3,54 a 39,7. O ordenamento da ESIm foi o seguinte: S1= 3,54 < S3 = 8,63 < S2 = 29,82 < S4 = 37,53 < S5 = 39,71. Os valores intermediários de ESI (1 < ESI < 5) caracterizam sistemas com sustentabilidade no médio prazo; e, sistemas com EIS > 5 são sustentáveis, no longo prazo (BROWN e ULGIATI, 2004). O sistema de produção e comercialização em cadeia curta (S1) apresentou sustentabilidade média, enquanto os sistemas em cadeias longas (sistemas 2, 3, 4 e 5) são sustentáveis no longo prazo. Todavia, os sistemas estudados mostraram-se capazes de contribuir significativamente para o crescimento econômico, sem perturbação ambiental grave.

A taxa de intercâmbio (EERm) indica a vantagem relativa entre os parceiros comerciais (produtor e consumidor). A taxa de intercâmbio (EERm) variou de 1,93 a 12,09. O ordenamento da EERm dos sistemas foi o seguinte: S1 = 1,93 < S3 = 2,29 < S2 = 6,12 < S5 = 7,68 < S4 = 12,09. Do ponto de vista do produtor, quanto mais próxima a EER for de um (EER ≈ 1) melhor é o desempenho econômico (ODUM, 1996). Em geral, verifica-se que os produtos orgânicos e serviços prestados à sociedade não podem ser considerados caros (EER > 1). O desempenho do sistema 1 (EERm = 1,93) sugere a melhoria da taxa de intercâmbio dos sistemas orgânicos por meio da maior diversificação e produção comercializada, agregação de valor aos produtos pelo processamento mínimo das hortaliças, encurtamento da cadeia de comercialização e atendimento de mercados mais próximos.

A tarefa de interpretação dos indicadores pode se tornar exaustiva à medida que aumenta o número de variáveis em estudo. Então, para representação gráfica do desempenho dos sistemas, os fluxos normalizados foram agregados em três classes: recursos ambientais (I), recursos econômicos renováveis (F_R) e não renováveis (F_N) (Tabela 8).

Os sistemas que apresentaram o maior e o menor índice de sustentabilidade, sistema 1 (EIS = 3,54) e sistema 5 (EIS = 39,71), respectivamente, apresentaram o mesmo porcentual de utilização de recursos ambientais (I = 0,011); entretanto, utilizaram diferentes porcentagem de recursos econômicos renováveis (S1: F_R= 0,75 e S5: F_R = 0,92) e não renováveis (S1: F_N= 0,23 e S5: F_R = 0,06) (Tabela 8).

O diagrama ternário separou os cinco sistemas

Tabela 8. Valores absolutos e relativos dos fluxos ambiental (I) e econômico renovável (FR) e não renovável (FN). (Valores absolutos em seJ. ha^{-1} ano^{-1}).

Fluxos	Sistema de Produção				
	1	2	3	4	5
	Valores Absolutos				
MR	2,69E+16	7,55E+15	7,71E+15	7,62E+15	7,62E+15
SR	4,42E+17	2,34E+17	1,45E+17	7,35E+17	3,84E+17
F_R = (MR + SR)	4,69E+17	2,42E+17	1,53E+17	7,43E+17	3,92E+17
MN	6,49E+16	1,24E+16	9,15E+15	2,39E+16	1,89E+16
SN	8,36E+16	3,87E+15	3,28E+15	2,96E+16	7,19E+15
F_N = (MN + SN)	1,49E+17	1,63E+16	1,24E+16	5,35E+16	2,61E+16
R	6,73E+15	6,73E+15	6,73E+15	4,80E+15	4,80E+15
N	2,16E+13	7,15E+13	3,10E+13	2,61E+13	2,83E+13
I = (R + N)	6,75E+15	6,80E+15	6,76E+15	4,83E+15	4,83E+15
Y = (R + N + MR + MN + SR + SN)	6,24E+17	2,65E+17	1,72E+17	8,01E+17	4,23E+17
F_N % = (F_N / Y)	0,238	0,061	0,072	0,067	0,062
F_R % = (F_R / Y)	0,751	0,913	0,888	0,927	0,927
I % = (I / Y)	0,011	0,026	0,039	0,006	0,011
Y normalizado = (F_N% + F_R% + I%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

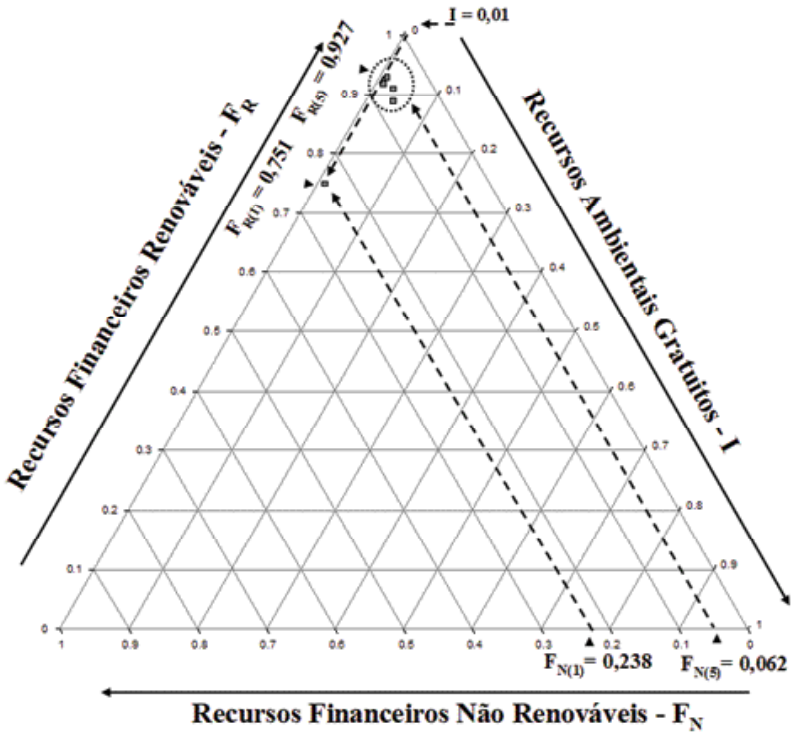

Figura 2. Diagrama mostrando o grupo do sistema 1 e o grupo dos sistemas 2, 3, 4 e 5, respectivamente, o sistema de menor e os que apresentaram maiores índices de sustentabilidade.

em dois grupos (Figura 2). O grupo do sistema de produção e comercialização em cadeia curta (sistema 1) e o grupo dos sistemas em cadeia longa (sistemas 2, 3, 4 e 5).

Como estratégia de desenvolvimento dos sistemas estudados sugere-se a orientação dos investimentos em materiais e serviços renováveis, como o uso da mão-de-obra local; por outro lado, deve-se diminuir o percentual de gastos com recursos econômicos não renováveis (F_N), como restringir investimentos em estufas e atender os mercados consumidores mais próximos, para melhoria da sustentabilidade, em longo prazo.

Conclusões

Os indicadores emergéticos modificados mostraram-se mais apropriados que as formulações clássicas para a análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico, em unidades familiares, na Região Serrana Fluminense.

A maior eficiência de transformação da energia na cadeia de produtos orgânicos pode ser alcançada por meio do aumento da produção comercializada; porém, o aumento dos investimentos nos sistemas de produção e comercialização deve restringir o uso de recursos econômicos não renováveis.

Os sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico estudados contribuem para o crescimento econômico, com baixa carga ambiental; portanto, do ponto de vista emergético, são sustentáveis, em longo prazo.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.

Apêndice

Neste apêndice, apresentam-se as memórias de cálculos dos fluxos emergéticos referenciados na coluna Notas das tabelas de análise emergética (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6); e, também, são apresentadas informações e referências sobre as transformidades e as frações renováveis utilizadas.

Notas da Tabela 2 – Sistema de Produção 1.

1. Chuva. O valor da energia da chuva (E), em J ha^{-1} ano^{-1}, foi calculado para a precipitação média anual de 1500 mm, através da equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = chuva (mm) * Energia livre de Gibbs (J kg^{-1}) * 10.000 (m^2); portanto, E = 1500 (mm) * 5000 (J kg^{-1}) * 10.000 (m^2) = 7,50 E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. Transformidade, Tr = 3,06 E+4 seJ J^{-1} (BROWN e ULGIATI, 2004). Fração renovável, FR = 1 (TAKAHASHI et al., 2008).

2. Água do córrego. Para o cálculo da energia da água do córrego utilizada na irrigação, foi considerada a aplicação da lâmina de 2 mm, durante 150 dias por ano. A equação utilizada: E = Quantidade de Água (m^3 ha^{-1} ano^{-1}) * 1000 (kg m^{-3})*5000(J kg^{-1}), portanto: E = 3000 (m^3 ha^{-1} ano^{-1}) * 1000 (kg m^{-3}) * 5000 (J kg^{-1}) = 1,50E+10 J ha^{-1} ano^{-1} . A transformidade, Tr = 1,76E+5 seJ J^{-1} (ODUM, 2000), foi corrigida pelo fator 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004), portanto, Tr = 1,76E+5 seJ J^{-1} x 1,68 = 2,96E+5 seJ J^{-1}. A fração renovável, Fr = 1.

3. Erosão. A erosão foi calculada pela equação universal de perdas do solo (USLE), E = R. K. L. S. C. P (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008), cujos valores dos fatores foram os seguintes: R = 11.000, K = 0,019091; LS = 0,006774; C = 0,5; P = 0,40. Portanto, E = 0,284504 t ha^{-1} ano^{-1}. Para cálculo da energia, em J ha^{-1} ano^{-1}, referente às perdas de matéria orgânica provocada pela erosão do solo, foi considerado o percentual de matéria orgânica do solo de 0,0271 (MOS= 2,71%), e utilizada a equação: E = Perdas (kg ha^{-1} ano^{-1}) * MOS (%) * 5.400 (kcal kg^{-1}) * 4186 (J $kcal^{-1}$); portanto, E = 284504*0,0271* 5400*4186 = 1,74E+8 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,24E+5 seJ J^{-1} (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável, FR = 0.

4. Composto. O preço do composto foi R$ 440,00 por caminhão (R$ 440,00 * 7 m^{-3}), colocado no estabelecimento. Foram utilizados 5,5 caminhões de composto (38,5 m^3), aplicados na área de 0,7 hectares. Portanto, o valor emergético do composto: E = Quantidade (m^3 ano^{-1}) * Preço (US$ m^{-3}) / Área (ha) = US$ 2.019,95 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR= 0,6 (senso comum), considerando que o composto orgânico (resíduos de matadouro de frango e 'cama' de cavalos) é comprado no município de São José do Vale do Rio Preto (SJVRP), distante 30 km do estabelecimento.

5. Mudas. As compras foram de US$ 3.325,40 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr: 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,70 (senso comum), considerando que as mudas são compradas de viveiro especializado localizado a 15 km do estabelecimento.

6. Depreciação da infra-estrutura. A infra-estrutura contabilizada foi: (i) casa de moradia (alvenaria); (ii) escritório (alvenaria); (iii) composteira; (iv) estufas (madeira); (v) barragens (terra); e, (vi) galpão (alvenaria). A depreciação foi calculada em US$ 5.071,57 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, Fr = 0,05 (ORTEGA et al., 2002)

7. Depreciação de máquinas e equipamentos. O estabelecimento conta com: (i) micro-trator (com enxada rotativa); (ii) sistema de irrigação (aspersão) por gravidade; (iii) veículo leve (chamado de Prancha) para o transporte interno da produção; e, (iv) equipamentos para embalagem dos produtos (balanças, máquina seladora e caixas plásticas). A depreciação foi calculada em US$ 1.547,51 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, Fr = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

8. Combustível (Diesel). O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 771 litros por hectare por ano, utilizados principalmente no micro-trator para o preparo dos canteiros. Para cálculo da energia foi utilizada a equação: Energia (J) = 771 (L ha^{-1} ano^{-1}) * 1,14 E+4 (kcal.L^{-1}) * 4186 (J $kcal^{-1}$) = 3,68E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,86E+5 seJ J^{-1} (ORTEGA et al., 2001). A fração renovável, FR = 0,01 (ORTEGA et al., 2002).

9. Peças, ferramentas e outros materiais. Os gastos com peças para máquinas (micro-trator, veículo), irrigação, ferramentas, embalagens e outros materiais foram calculados em US$ 3.797,42 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

10. Sementes. As compras de sementes certificadas foram de US$ 1.590,43 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,23, corresponde ao percentual de renovabilidade de sistemas convencionais de produção de grãos (ORTEGA et al., 2002)

11. Mão-de-obra familiar. A mão-de-obra familiar foi composta por três pessoas: os chefes da família (homem e mulher) com idades de entre 18 e 59 anos, mais um filho com idade entre 7 e 13 anos. Para os adultos, foi considerada a força de trabalho igual a um (1); ou seja, cada adulto corresponde a uma (1) unidade de trabalho (UT) e o trabalho do filho é igual a 0,50 UT. Cada unidade de trabalho (UT) corresponde a 300 dias de trabalho por ano, com jornada média de 8 horas por dia. Para o cálculo da energia da

mão-de-obra foi utilizada a equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 2,5 (UT) * 300 (dias ano^{-1}) * 2500 (kcal.dia^{-1})*4186 (J $kcal^{-1}$) / Área (ha); portanto, a energia da mão-de-obra familiar: E = 1,12E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}, corresponde ao valor da transformidade de 1,1E+7 seJ J^{-1} (ODUM, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004), ou seja, Tr = 1,1E+7 x 1,68 = 1,85 seJ J^{-1}. A fração renovável, FR = 0,90 (senso comum), para mão-de-obra da família.

12. Mão-de-obra de parceiros. Foi contabilizada a mão-de-obra de duas pessoas adultas, que são os proprietários da terra, que dedicam o tempo de 50 dias por ano, na administração do empreendimento; e, ainda, um auxiliar de administração (menor de 17 anos) durante 150 dias por ano. A mão-de-obra dos parceiros, portanto, corresponde a 0,83 UT. Para o cálculo da energia da mão-de-obra de parceiros foi utilizada a equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 0,83 (UT) *300 (dias ano^{-1}) * 2500 (kcal.dia^{-1}) *4186 (J $kcal^{-1}$) / Área (ha) = 3,74E+09 J $ha^{-1}ano^{-1}$. A transformidade, Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}, corresponde ao valor da transformidade de 1,1E+7 seJ J^{-1} (ODUM, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável, FR = 0,60 (TAKAHASHI et al., 2008), para mão-de-obra local.

13. Mão-de-obra permanente. Foram contabilizados dois trabalhadores adultos (2 UT), portanto, temos: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 2 (UTF) *300 (dias ano^{-1}) * 2500 (kcal.dia^{-1}) * 4186 (J $kcal^{-1}$) / 0,7 (ha) = 8,97E+09 J $ha^{-1}ano^{-1}$. A transformidade, Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}, corresponde ao valor da transformidade de 1,1E+7 seJ J^{-1} (ODUM, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável, FR = 0,60 (TAKAHASHI et al., 2008), para mão-de-obra local.

14. Eletricidade. A energia elétrica utilizada refere-se ao consumo residencial de 111 kWh/ano e, além disso, foi considerado igual consumo de energia no escritório administrativo e galpão de expedição. Para cálculo da energia foi utilizada a equação: Energia (J ha^{-1} ano^{-1}) = Consumo total (kWh ano^{-1}) *1000 (w kW^{-1}) * 3600 (s.h^{-1}) / Área (ha); portanto, Energia = 111 (kWh ano^{-1}) *3* 1000 (w kW^{-1}) *3600 (s.h^{-1}) / 0,7 (ha) = 2,06E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,64E+5 seJ J^{-1}, corresponde ao valor de 3,36E+5 seJ J^{-1} (ODUM, 1996) multiplicado pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável, FR = 0,50 (TAKAHASHI et al.; 2008).

15. Fretes. Os serviços de frete contabilizados foram, primeiramente, para o transporte dos produtos do estabelecimento para o núcleo urbano (Distrito de Posse, Petrópolis) e, em seguida, para a cidade do Rio de Janeiro. O gasto com frete para Posse foi de R$ 150,00 $mês^{-1}$; e, para o Rio Janeiro de R$ 700,00 $mês^{-1}$; portanto, o gasto total com fretes foi calculado pela equação; F = [Posse (R$ $mês^{-1}$) + Rio (R$ $mês^{-1}$)] * 12 (meses) / dólar (R$ US$$^{-1}$) / Área (ha) = US$ 8.513,83 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,01 (ORTEGA et al., 2002).

16. Mecanização (limpeza da área). Para a implantação da horta foram contratados serviços de mecanização para a destoca e limpeza da área correspondente a um hectare (1 ha) no valor total de R$ 800,00; portanto, foram gastos US$ 467,43 ha^{-1} ano^{-1} [US$ 467,43 = R$ 800,00 / 1,71 (R$ US$$^{-1}$)]. A transformidade, Tr = 5,02E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,01 (ORTEGA et al.; 2002).

17. Roçada e enleiamento manual. Para a implantação da horta foram contratados serviços de mão-de-obra para roçada e enleiramento de um hectare (1 ha), no valor de R$ 1.970; portanto, foram gastos US$ 1.151,04 ha^{-1} ano^{-1}, [US$ 1.151,04 = R$ 1.970,00 / 1,71 (R$ US$$^{-1}$)]. A transformidade, Tr = 5,02E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,60 (TAKAHASHI et al., 2008).

18. Telefonia. Foi contabilizado o gasto mensal com telefonia de R$ 150,00 (contato com os clientes) e considerou-se que este valor não se altera para uma área de um hectare; portanto, temos o gasto de US$ 1.051,71 ha^{-1} ano^{-1}, [US$ 1.051,71 ha^{-1} ano^{-1} = R$ 150,00 *12 / 1,71 (R$ US$$^{-1}$)]. A transformidade, Tr = 5,02E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável, FR = 0,50 (TAKAHASHI et al., 2008).

19. Impostos. Foram calculados em 30% do valor da mão-de-obra permanente (R$ 3.780,00), portanto, temos: Impostos (US$) = 3.780,00 (R$) * 0,30 / 1,71 (R$ US$$^{-1}$) / área (ha) = US$ 3.155,13 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02E+12 seJ J^{-1} (estimado). A fração renovável, FR = 0,05 (TAKAHASHI et al., 2008).

20. Energia disponível produzida. A produção comercializada foi calculada em 18.604 kg ha^{-1} ano^{-1}; e, a caloria média para o sortimento de olerícolas foi de 255 kcal kg^{-1}. Então, para cálculo da energia disponível produzida utilizou-se a equação: Energia Produzida (J ha^{-1} ano^{-1}) = Produção (kg ha^{-1} ano^{-1}) * 255 (kcal kg^{-1}) * 4186 J kcal^{-1}; ou seja, E = 18.604* 255 * 4186 = 19.858.771.676 J. ha^{-1} ano^{-1} = 1,99E+10 J ha^{-1} ano^{-1}

Notas da Tabela 3 – Sistema de Produção 2.

1. Chuva. Idem nota 1 da Tabela 2 (Sistema 1).

2. Água do córrego. Idem nota 2 da Tabela 2 (Sistema 1).

3. Erosão. Calculada pela equação universal de perdas do solo (USLE), utilizados os seguintes fatores: R = 11.000, K = 0,025521; LS = 0,007917; C = 0,5; P = 0,40. Portanto, E = 0,444530 t ha^{-1} ano^{-1}. O percentual de matéria orgânica do solo de 0,0574 (MOS=

5,74%). Daí, a energia da MOS utilizada foi calculada em 5,77E+08 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 1,24E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0), idem nota 3 da Tabela 2 (Sistema 1).

4. Composto. O preço do composto foi R$ 420,00 por caminhão (R$ 420,00*7 m^{-3}), colocado no estabelecimento. Foram utilizados 14 m^3 por ano (2 caminhões), ou seja, US $ 701,14 ha^{-1} ano^{-1} (R$ 420,00 * 2 / 1,71 / 0,7). Transformidade e fração renovável, idem nota 4 da Tabela 2 (Sistema 1).

5. Sementes próprias. Foram utilizadas 500 g por ano em 0,7 hectares; portanto, 0,714 kg ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,68E+12 kg ha^{-1} ano^{-1}, corresponde a transformidade de 1,00E+12 kg ha^{-1} ano^{-1} (ODUM, 1996 apud ORTEGA et al, 2002), corrigida pelo fator 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável - FR = 0,42 - refere-se ao percentual de renovabilidade de sistemas orgânicos e ecológicos de produção de grãos (ORTEGA et al., 2002).

6. Mudas. O gasto anual com mudas foi de US$ 801,30 por hectare. A transformidade e fração renovável, idem nota 5 da Tabela 2 (Sistema 1).

7. Combustível. O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 228 litros, sendo 72 litros no micro-trator e 156 litros no moto-bomba da irrigação. Considerando a superfície agrícola útil de 0,7 ha, temos: 325,71 L ha^{-1} ano^{-1}. Equação para cálculo da energia (em Joules), transformidade (Tr) e fração renovável, idem nota 8 da Tabela 2 (Sistema 1).

8. Sementes certificadas. Foram contabilizados 0,714 kg ha^{-1} ano^{-1}. A Transformidade, Tr = 1,68E+12 kg ha^{-1} ano^{-1} (vide nota 5, apêndice A1). A fração renovável - FR = 0,23 - refere-se ao percentual de renovabilidade de sistemas convencionais de produção de grãos (ORTEGA et al., 2002).

9. Depreciação de máquinas e equipamentos. Foram contabilizados: (i) micro-trator (comunitário); e, (ii) sistema de irrigação (aspersão, conjunto moto-bomba com motor diesel). A depreciação total foi calculada em US$ 365,87 ha^{-1} ano^{-1}. Transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). Fração renovável = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

10. Depreciação da infra-estrutura. Foram contabilizados: (i) Casa (alvenaria); (ii) Composteira; e, (iii) Abrigo para manuseio dos produtos (madeira). A depreciação foi calculada em US$ 1.051,71 ha^{-1} ano^{-1}. Transformidade = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). Fração renovável = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

11. Peças, ferramentas e outros materiais. Os gastos foram calculados em US$ 479,95 ha^{-1} ano^{-1} .Transformidade = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). Fração renovável = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

12. Mão-de-obra familiar. Foi composta por três pessoas: os chefes da família (homem e mulher) com idades de entre 18 e 59 anos, e um filho com idade entre 14 e 17 anos, totalizando 2,65 unidades de trabalho (UT). Equação da energia utilizada, transformidade e fração renovável, idem nota 11 da Tabela 2 (Sistema 1).

13. Mão-de-obra (diarista). Um diarista (adulto) foi contratado por 52 dias. Para o cálculo da energia da mão-de-obra foi utilizada a equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 1 (UT) * 52 (dias ano^{-1}) * 2500 (kcal dia^{-1}) * 4186 (J $kcal^{-1}$) / 0,7 (ha) = 7,77 E+08 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade (Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}) e a fração renovável (Fr = 0,60), idem nota 13 da Tabela 2 (Sistema 1).

14. Eletricidade. Foi contabilizado o consumo residencial de 111 kWh ano^{-1}, que correspondente a 6,85E+9 J ha^{-1} ano^{-1}. Equação, transformidade e fração renovável utilizadas, idem nota 14 da Tabela 2 (Sistema 1).

15. Energia disponível produzida. A produção anual comercializada foi 14.881,21 kg ha^{-1} ano^{-1}. A caloria média do sortimento de olerícolas foi 225 kcal kg^{-1}. Então, a energia produzida: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 14.881,21 (kg ha^{-1} ano^{-1}) * 225 (kcal kg^{-1}) * 4186 (J $kcal^{-1}$) = 1,59E+10 J ha^{-1} ano^{-1}.

Notas da Tabela 4 – Sistema de Produção 3.

1. Chuva. Idem nota 1 da Tabela 2 (Sistema 1).

2. Água do córrego: Idem nota 2 da Tabela 2 (Sistema 1).

3. Erosão. Calculada pela USLE, cujos valores dos fatores foram: R = 11.000, K = 0,025572; LS = 0,005449; C = 0,5; P = 0,40. Portanto, E = 0,282578 t ha^{-1} ano^{-1}. O percentual de matéria orgânica do solo de 0,0392 (MOS= 3,92%). Daí, a energia utilizada foi calculada em 2,50E+8 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, transformidade e fração renovável, idem nota 3 da Tabela 2.

4. Composto. O preço do composto orgânico foi R$ 420,00 por caminhão (R$ 420,00*7 m^{-3}) colocado no estabelecimento. Foram gastos 21 m^3 por ano (3 caminhões por ano), referente a R$ 1.260,00 ou US$ 920,25 ha^{-1} ano^{-1} (US$ 920,25 = R$ 1.260/1,71 /0,8). A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável (FR = 0,60), idem nota 4 da Tabela 2 (Sistema 1).

5. Sementes próprias. Foram utilizados 0,250 kg ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,68E+12 kg ha^{-1} ano^{-1}; e, a fração renovável – FR = 0,42 – idem nota 5 da Tabela 3 (Sistema 2).

6. Mudas - O gasto anual foi de US$ 613,50 por hectare. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável (FR = 0,70), idem nota 5 da Tabela 2 (Sistema 1).

7. Combustível. O consumo anual de combustível (diesel) perfaz o montante de 90 litros ha^{-1} ano^{-1}. Daí, a energia utilizada foi 4,29E+9 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação utilizada, transformidade (Tr = 1,86E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0,01), idem nota 8 da Tabela 2 (Sistema 1).

8. Sementes certificadas. Foram utilizados 2,44 kg ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,68E+12 kg ha^{-1} ano^{-1} (vide nota 5 da Tabela 4). A fração renovável (FR = 0,23) refere-se ao percentual de renovabilidade de sistemas convencionais de produção de grãos (ORTEGA et al., 2002).

9. Depreciação de máquinas e equipamentos. Foram contabilizados: (i) micro-trator (comunitário); e, (ii) sistema de irrigação (aspersão, conjunto moto-bomba com motor elétrico). A depreciação total foi calculada em US$ 331,09 ha^{-1} ano^{-1}. A trasformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). A fração renovável - Fr = 0,05 - (ORTEGA et al., 2002).

10. Depreciação da infra-estrutura. Foram contabilizados: (i) Casa (alvenaria); (ii) Composteira (madeira); e (iii) Abrigo para manuseio dos produtos (madeira). A depreciação total foi calculada em US$ 920,25 ha^{-1} ano^{-1}. Transformidade = 5,02397E+12 seJ US$$^{-1}$ (estimado). Fração renovável = 0,05 (ORTEGA et al., 2002)

11. Peças, ferramentas e outros materiais. Os gastos foram calculados em US$ 409,00 ha^{-1} ano^{-1}. Transformidade = 5,02397E+12 seJ/US$ (estimado). Fração renovável = 0,05 (ORTEGA et al., 2002)

12. Mão-de-obra familiar. Representada pelo chefe da família; portanto: E (J/ha ano^{-1}) = 1,00 (UTF) *300 (dia/ano) * 2500 (kcal/dia)*4186 (J/kcal) / Área (hectare) = 3,92E+09 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade (Tr = 1,85E+7 seJ/J) e a fração renovável (FR = 0,90), idem nota 11 da Tabela 2 (Sistema 1).

13. Mão-de-obra (mensalista). Foi contabilizada a mão-de-obra de um homem (1 UT); portanto, E (J/ha ano^{-1}) = 1 (UT)* 300 (dias ano-1) * 2500 (kcal/dia) *4186 (J/kcal) / 0,8 (ha) = 3,92 E+09 J/ha ano^{-1}. A transformidade (Tr = 1,85E+7 seJ/J) e a fração renovável (Fr = 0,60), idem nota 13 da Tabela 2 (Sistema 1).

14. Eletricidade – Foram contabilizados o consumo anual na irrigação (motores elétricos) mais o uso residencial, totalizando 1.290 kWh. Daí, a energia utilizada foi calculada em 5,81 E+09 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação utilizada, a transformidade (Tr = 5,64E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0,50), idem nota 14 da Tabela 2 (Sistema 1).

15. Energia disponível produzida. A produção anual comercializada foi calculada em 23.966,21 kg ha^{-1} ano^{-1}. A caloria média do sortimento de olerícolas foi 255 kcal kg^{-1}. Daí, a energia produzida foi: E (J ha^{-1} ano^{-1})= 23.966,21 (kg ha^{-1} ano^{-1}) * 255 (kcal kg^{-1})* 4186 (J kcal^{-1}) = 2,56E+10 J. ha^{-1} ano^{-1}.

Notas da Tabela 5 – Sistema de Produção 4.

1. Chuva. Para cálculo da energia (E) foi considerada a precipitação média anual de 1400 mm. Daí, E = 7,00E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 3,06 E+4 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 1), idem nota 1 da Tabela 2 (Sistema 1).

2. Água do córrego. Foi considerada a aplicação de 2 mm, durante 90 dias por ano (180 mm ano^{-1}); daí, E = 9,00E+9 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 2,96E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 1), idem nota 2 da Tabela 2 (Sistema 1).

3. Erosão. Calculada pela USLE, cujos valores dos fatores foram: R = 11.000, K = 0,017623; LS = 0,0023443; C = 0,5; P = 0,20. Portanto, E = 0,454455 t ha^{-1} ano^{-1}. O percentual de matéria orgânica do solo de 0,0205 (MOS= 2,05%). Daí, a energia utilizada foi calculada em 2,11E+8 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 1,24E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0) idem nota 3 da Tabela 2 (Sistema 1).

4. Composto. Foram utilizados 8.000 kg ha^{-1} ano^{-1} de composto orgânico preparado a partir da 'cama' da criação de frangos, na propriedade. A energia do composto foi calculada pela equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = Quantidade (kg ha^{-1} ano^{-1})* 5000 (kcal kg^{-1})*4186 (J kcal^{-1}) = 1,674E+11 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade (Tr = 4,45E+4 seJ J^{-1}), refere-se a transformidade do esterco, Tr = 2,65 E+4 seJ J^{-1} (AGOSTINHO, 2005), multiplicada pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável - FR = 0,8 (senso comum) - justifica-se por ser o composto elaborado manualmente, na propriedade.

5. Mudas e sementes próprias. Foram utilizados 3.360 frutos-semente (plantio e replantio) selecionados na propriedade, para renovação anual do parreiral. O peso médio dos frutos foi 400 g. O valor calórico do chuchu foi 170 kcal kg^{-1}. Portanto, para cálculo da energia (E) das mudas próprias temos: E (J ha-1 ano-1) = número de sementes * 0,4 (kg fruto^{-1}) * 170 (kcal kg^{-1}) * 4186 J kcal^{-1} = 9,56E+08 J. A transformidade (Tr = 1,75E+5 seJ J^{-1}) é igual a transformidade das matérias-primas alimentícias, Tr = 1,04E+5 seJ J^{-1} (ORTEGA, 2001) multiplicada pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável – FR = 1 (senso comum) - justifica-se por serem as mudas próprias.

6. Depreciação da infra-estrutura. Foram contabilizados: (i) casa (alvenaria); (ii) galpão de criações (madeira); (iii) capril (madeira); (iv) galinheiro (madeira); (v) reservatório (terra); (vi) sistema irrigação (gotejo, por gravidade); e, (vii) outros (máquinas e equipamentos). A depreciação total foi calculada em US$ 3.947,80 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável – FR = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

7. Depreciação da latada. O chuchu é cultivado em estruturas chamadas de latadas. A depreciação foi calculada em US$ 579,35 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável – FR = 0,40 (senso comum) justifica-se pois 40% do custo da latada foram materiais renováveis (eucalipto e bambu).

8. Peças, ferramentas e outros materiais. Foi contabilizado o gasto de US$ 116,86 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável – FR = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

9. Combustível. Foram contabilizados 66,66 litros de diesel por hectare por ano; então: E = (J) = X litros (ha^{-1} ano^{-1}) * 1,14 E+4 ($kcal.L^{-1}$) * 4186 (J $kcal^{-1}$) = 3,18 E+09 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 1,86E+5 seJ J^{-1} (ORTEGA et al., 2001). A fração renovável – FR = 0,01 (ORTEGA et al., 2002).

10. Mão-de-obra familiar. Foram contabilizados os dois chefes da família (homem e mulher, com idades de entre 18 e 59 anos), dois filhos (idade entre 14 e 17 anos) e um filho (idade entre 7 e 13 anos), perfazendo o total de 3,8 unidades de trabalho (UT). Daí, a energia utilizada foi 3,98E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}) e a fração - FR = 0,90 (senso comum), idem nota 11 da Tabela 2 (Sistema 1).

11. Eletricidade. Foi contabilizado o consumo residencial de 1.416 kw ano^{-1}. Daí, a energia usada foi calculada em 1,70E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação utilizada, a transformidade (Tr = 5,64E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0,50) idem nota 14 da Tabela 2 (Sistema 1).

12. Impostos. Foram contabilizadas as contribuições sociais de dois adultos no total de R$ 2.040,00 por ano, então: Impostos (US$ ha^{-1} ano^{-1}) = R$ 2.040,00 / 1,71 (R$ US$-1) / Área (ha) = US$ 3.973,12 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr = 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável – FR = 0,05 (TAKAHASHI et al., 2008).

13. Energia disponível produzida. Foi contabilizada a produção anual de 36.828 kg $ha^{-1}ano^{-1}$, e considerada a caloria do chuchu cru de 170 kcal kg^{-1}; então, a energia produzida: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 36.828 (kg ha^{-1} ano^{-1})*170 (kcal kg^{-1})* 4186 (J $kcal^{-1}$) = 2,62 E+10 J ha^{-1} ano^{-1}.

Notas da Tabela 6 – Sistema de Produção 5.

1. Chuva. Para cálculo da energia (E) foi considerada a precipitação média anual de 1400 mm. Daí, E = 7,00E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 3,06 E+4 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 1), idem nota 1 da Tabela 2 (Sistema 1).

2. Água do córrego. Foi considerada a aplicação de 2 mm, durante 90 dias por ano (180 mm ano^{-1}); daí, E = 9,00E+9 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 2,96E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 1), idem nota 2 da Tabela 2 (Sistema 1).

3. Erosão. Calculada pela USLE, cujos valores dos fatores foram: R = 11.000, K = 0,017509; LS = 0,0023443; C = 0,5; P = 0,20. Portanto, E = 0,451498 t ha^{-1}. ano^{-1}. O percentual de matéria orgânica do solo de 0,0224 (MOS= 2,24%). Daí, a energia utilizada foi calculada em 2,29E+8 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação, a transformidade (Tr = 1,24E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0), idem nota 3 da Tabela 2 (Sistema 1).

4. Composto. Foram utilizados 8.000 kg ha^{-1} ano^{-1} de composto orgânico. A energia do composto foi calculada pela equação: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = Quantidade (kg ha^{-1} ano^{-1}) * 5000 (kcal kg^{-1})*4186 (J $kcal^{-1}$) = 1,674E+11 J ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade (Tr = 4,45E+4 seJ J^{-1}), refere-se a transformidade do esterco, Tr = 2,65 E+4 seJ J^{-1} (AGOSTINHO, 2005), multiplicada pelo fator de correção 1,68 (BROWN e ULGIATI, 2004). A fração renovável - FR = 0,6 (senso comum) - justifica-se por ser o composto comprado no mercado local.

5. Mudas e sementes próprias. Idem nota 5 da Tabela 5 (Sistema 4).

6. Depreciação da infra-estrutura. Foram contabilizados: (i) casa (alvenaria); (ii) galpão de criações (madeira); (iii) capril (madeira); (iv) galinheiro (madeira); (v) reservatório (terra); (vi) sistema irrigação (gotejo, por gravidade); e, (vii) outros (máquinas e equipamentos). A depreciação total foi calculada em US$ 2.982,76 ha^{-1} ano^{-1}. A transformidade, Tr 5,02397E+12 seJ $US\$^{-1}$ (estimado). A fração renovável – FR = 0,05 (ORTEGA et al., 2002).

7. Depreciação da latada. Idem nota 7 da Tabela 5 (Sistema 4).

8. Peças, ferramentas e outros materiais. Idem nota 8 da Tabela 5 (Sistema 4).

9. Combustível. O sistema apresenta o Foram gastos 50 litros de diesel por hectare por ano. Daí, a energia contabilizada foi 2,39E+09 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação utilizada, a transformidade (Tr = 1,86E+5) e a fração renovável (FR = 0,01) idem nota 9 da Tabela 5 (Sistema 4).

10. Mão-de-obra familiar. Foram contabilizados dois adultos (homem e mulher, com idades de entre 18 e 59 anos) e um filho (com idades entre 14 e 17 anos), totalizando 2,65 UT. Daí, a energia utilizada foi calculada em 2,08E+10 J/ha ano^{-1}. A equação utilizada, a transformidade (Tr = 1,85E+7 seJ J^{-1}) e a fração renovável – FR = 0,90 (senso comum) idem nota 11 da Tabela 2 (Sistema 1).

11. Eletricidade. Foi contabilizado o consumo residencial de 1.416 kw ano^{-1}. Daí, a energia usada foi calculada em 1,27E+10 J ha^{-1} ano^{-1}. A equação utilizada, a transformidade (Tr = 5,64E+5 seJ J^{-1}) e a fração renovável (FR = 0,50) idem nota 14 da Tabela 2 (Sistema 1).

12. Energia disponível produzida. Foi contabilizada a produção anual de 10.238 kg $ha^{-1}ano^{-1}$. E, considerada a caloria do chuchu cru de 170 kcal kg^{-1}; então, a energia produzida: E (J ha^{-1} ano^{-1}) = 10.238 (kg ha^{-1} ano^{-1})*170 (kcal kg^{-1})* 4186 (J $kcal^{-1}$) = 1,82 E+10 J ha^{-1} ano^{-1} .