



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Estudo Comparativo com Ênfase na Sustentabilidade Ambiental em Emergia de Alimentos com Semelhança Nutricional

R. L. Guarnetti, S. H. Bonilla, C. M. V. B. Almeida, B. F. Giannetti*

*LaFTA, Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista.
R. Dr. Bacelar, 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brasil.*

*Contato: biafgian@unip.br

Resumo

Alimentos tradicionais e bem conhecidos no Mundo como a batata, tomate, repolho e feijão verde tem lugar de destaque na alimentação mundial. Opções de alimentos não tão conhecidos no ocidente, mas bastante consumidos em países da Ásia como é o caso do broto de bambu, oferecem valor nutricional comparável a muitos desses alimentos. Nesse sentido, foram avaliados e comparados aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental desses alimentos. Entre eles, o broto de bambu é o mais sustentável. Quando o estudo considera a eficiência na produção, a batata é melhor. Os principais nutrientes de cada alimento em função da emergia por unidade investida também foi avaliada no sentido de encontrar opções mais sustentáveis para obtenção de um nutriente específico nesses alimentos

Palavras-Chave: broto de bambu; diagrama ternário; emergia; sustentabilidade.

1. Introdução

O fato das atividades humanas operarem próximas aos limites da biosfera impõe que os sistemas produtivos sejam ambientalmente sustentáveis. Nesse contexto a produção de alimento ganha destaque, pois, à medida que a população aumenta os cultivos tendem a buscar maior eficiência.

Alimentos tradicionais e bem conhecidos no mundo como a batata, tomate, repolho e feijão verde, têm lugar de destaque na alimentação mundial. Opções de alimentos não tão conhecidos no ocidente, como é o caso do broto de bambu, oferecem valor nutricional comparável a muitos desses alimentos.

O cultivo comercial do bambu é por muitos um sistema com grandes vantagens ambientais. Países como China, Tailândia, entre outros, produzem e consomem grandes quantidades de bambu (Kamegasawa, 2004). Nesse sentido a contabilidade ambiental em emergia pode ser empregada para avaliar a sustentabilidade de sistemas que envolvem recursos do meio ambiente e economia (Odum, 1996), possibilitando ao mesmo tempo contabilizar recursos naturais e econômicos que atravessam o sistema utilizando uma unidade comum, denominada sej (joule de energia solar).

Em recente artigo Giannetti et al. (2006), propuseram o diagrama ternário de emergia. Trata-se de uma ferramenta gráfica que pode ser utilizada como suporte na tomada de decisão. O uso do diagrama tem se demonstrado eficiente quando utilizado no estudo de processos produtivos (Giannetti et al., 2006 e Almeida et al., 2007).

O objetivo desse artigo é comparar o cultivo de alimentos semelhantes na sua composição nutricional em termos de sustentabilidade ambiental. A contabilidade ambiental em emergia e o diagrama ternário serão empregados nesse estudo.

2. Metodologia

2.1 Contabilidade ambiental em emergia

A contabilidade ambiental em emergia pode ser empregada no estudo da sustentabilidade de sistemas complexos, como é o caso dos sistemas agrícolas, que opera na interface entre o meio ambiente e a economia.

O objetivo é contabilizar, em uma "moeda" comum, a produção de um produto ou a geração de um serviço (Odum 1996). Contabilizam-se, além dos recursos pagos, os recursos não pagos pela economia que é fornecido pelo meio ambiente.

A metodologia com base no conceito de emergia é a ferramenta apropriada para avaliar e/ou comparar sistemas, pois permite converter todas as contribuições que o sistema produtivo recebe (materiais, energia, dinheiro, informação) na mesma base de medida: o joule de energia solar incorporada, representado por *sej*. Desta forma, os sistemas em estudo podem ser comparados quanto à eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global. Uma completa abordagem da metodologia pode ser obtida em maiores detalhes em (Odum, 1996 e Ulgiati, 1994).

Da contabilidade em emergia surgem indicadores de sustentabilidade inerentes à ferramenta, segundo Odum (1996), com o objetivo de quantificar os aspectos já indicados como fundamentais nos objetivos propostos pelo sistema: eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global. Para definir estes indicadores, é necessário classificar os fluxos de emergia segundo o critério de: renováveis (R), não renováveis (N), e vindos da economia (F).

2.2 Conceitos de transformidade ou emergia por unidade

Define-se a transformidade como a quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente, na obtenção de um joule de um determinado bem ou serviço, sendo sua unidade expressa em *sej/J* - joule de energia solar por joule ou *sej/unidade* - joule de energia solar por unidade (Odum, 1996).

A transformidade ou emergia/unidade fornece uma medida da concentração de energia e pode ser considerada como um indicador de qualidade. Os valores de emergia e transformidade dependem do material e da energia utilizados nas diversas etapas necessárias para a obtenção do produto ou serviço e por este motivo, variam de acordo com a matéria-prima selecionada, com o tipo de energia empregado na produção e com a eficiência do sistema produtivo.

2.3 Índices em emergia

Uma vez identificado e quantificado os fluxos de emergia que compõe o sistema produtivo em renováveis (R), não renováveis (N), pagos (F) e produto (Y), é possível avaliá-lo com base em índices e/ou indicadores ambientais. Essa análise é de grande utilidade, pois permite analisar ou monitorar processos. Serão definidos apenas os indicadores empregados nesse trabalho: Rendimento em Emergia (EYR), Carga Ambiental (ELR), Índice de Sustentabilidade (ESI).

O Índice de Rendimento em Emergia (EYR) é a relação entre a emergia do produto e a emergia investida. Este índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (renováveis e não-renováveis), mas não diferencia esses recursos (Odum, 1996). Equação 1:

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R+N+F}{F} \quad (1)$$

O Índice de Carga Ambiental (ELR) está relacionado com a carga ambiental que o sistema produtivo impõe sobre o meio ambiente, pois o índice é composto da relação entre os investimentos locais renováveis e não-renováveis. Um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais (Odum, 1996), pois resulta do índice está em função dos recursos renováveis. Equação 2:

$$ELR = \frac{N+F}{R} \quad (2)$$

O Índice de Sustentabilidade e Emergia (ESI) foi desenvolvido por Ulgiati e Brown (1998). É obtido da relação entre o rendimento de emergia (EYR) e o índice de carga ambiental (ELR). O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (carga ambiental), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos ambientais locais. Equação 3:

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}} \quad (3)$$

2.4 Diagrama Ternário em Emergia

A ferramenta gráfica denominada digrama ternário de emergia, descrita por Giannetti et al. (2006) e Almeida et al. (2007), é composta de um triângulo equilátero com três variáveis associadas a porcentagens. Cada um dos eixos do diagrama corresponde a uma das fontes de recursos ambientais: renováveis (R), não renováveis (N), e pagas (F). Desta forma, a soma dos recursos R, N e F será sempre 100% (sej/sej). Considerando essa propriedade, os fluxos podem variar de 0 (zero) a 100% (sej/sej).

Uma descrição completa da ferramenta gráfica pode ser encontrada em Barrella et al. (2005), Giannetti et al. (2006), Almeida et al. (2007), no entanto, uma das inúmeras propriedades do diagrama merece um maior esclarecimento, afinal, será aplicadas no tratamento dos dados neste trabalho.

Linhas de Sustentabilidade: A ferramenta permite a apresentação de linhas constantes de sustentabilidade, conforme apresentadas na figura 1. Essas linhas podem ser apresentadas independentemente e os valores escolhido pelo usuário numa faixa entre zero e infinito. As linhas de sustentabilidade partem do vértice N e cruzam o lado oposto a este, permitindo assim dividir o diagrama em áreas específicas de sustentabilidade, sendo possível comparar processos.

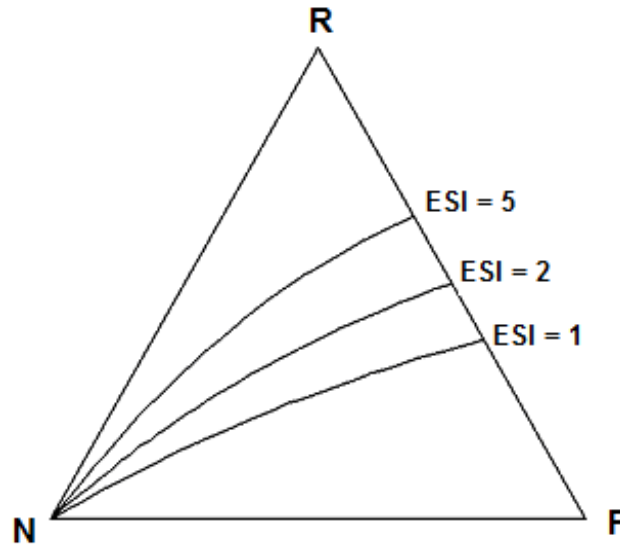


Fig. 1: Linhas de sustentabilidade.

2.5 Dados referentes aos cultivos

2.5.1 Broto de Bambu

Os dados que se referem ao cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos foi gerado a partir de duas fontes de dados distintas: Projeto Bambu e o Projeto de um Cultivo Comercial de Bambu Gigante na Austrália (Cusak, 1998).

Projeto Bambu (Unesp/Bauru)

*O Projeto Bambu, localizado na Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica da Unesp, cidade de Bauru, Estado de São Paulo, abrange uma área de aproximadamente 2500 m², onde foram plantadas algumas espécies prioritárias de bambu. Dentre as espécies cultivadas, estão 23 moitas de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, conhecido como bambu gigante. O inventário físico (insumos) referente ao cultivo dessas moitas foi cedido pelo Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira, coordenador do Projeto Bambu. Estes dados foram extrapolados para um cultivo em um hectare.*

Projeto de um Cultivo Comercial de Bambu Gigante na Austrália

Por meio da contabilidade financeira de um cultivo comercial de bambu gigante publicado por Cusak, (1998), foi possível gerar um inventário físico relacionando as quantidades de insumos empregados no cultivo de um hectare de bambu. Para tanto, foi necessário analisar os valores em dinheiro e transformá-los em dados físicos (quantidades).

2.5.2 Feijão Verde, Repolho, Tomate e Batata

A contabilidade em energia (que será descrita no próximo item) de vários alimentos foi publicada por Brandt-Williams, em 2002. A fronteira de estudo compreende apenas os investimentos na fase de cultivo. A saída dos sistemas são os alimentos produzidos já descontados a quantidade de água de sua composição.

3. Resultados e Discussão

A tabela 1 mostra as propriedades nutricionais dos alimentos estudados nesse trabalho. Foram selecionados alimentos semelhantes considerando suas quantidades de nutrientes. As quantidades de água dos alimentos estão em torno de 90%. Se a análise for feita considerando apenas um nutriente, é possível notar alguma variação significativa, como é o caso da batata com relação aos carboidratos (de 2 a 3 vezes mais que os outros alimentos). Isso possibilita dizer que a batata é rica em carboidrato e o feijão verde é rico em fibras. No caso da proteína, o broto de bambu e a batata são os alimentos com maiores quantidade e valores bastante próximos (2,60 e 2,57 respectivamente).

Tab. 1: Semelhança na composição nutricional dos alimentos. Valor de referencia: 100g

Alimento	Nutriente (g) / 100g de alimento				
	Água	Carboidrato	Fibras	Proteína	Energia (kcal)
Broto de Bambu	91,00	5,20	2,20	2,60	27,00
Repolho	92,18	5,80	2,50	1,28	25,00
Feijão Verde	90,27	7,13	3,40	1,82	31,00
Batata	83,29	12,44	2,50	2,57	58,00
Tomate	94,78	3,18	0,90	1,16	16,00

Fonte: Departamento Agrícola dos Estados Unidos; Disponível em: <http://www.nal.usda.gov>

No sentido de estudar a sustentabilidade ambiental dos alimentos e compará-los, foi realizada a contabilidade ambiental em energia dos cultivos. Como a metodologia em energia é composta de um extenso inventário de dados e tabelas, o resultado detalhado da análise não pode ser mostrado aqui, no entanto eles podem ser obtidos com os autores.

A fim de evitar que o critério do avaliador interfira na contabilidade ambiental, foram selecionadas avaliações do mesmo autor (Brandt-Williams, 2002). O fluxo de energia relacionado aos serviços foi excluído, pois os mesmos foram avaliados utilizando o conceito de energia/dinheiro, e ainda, para uma comparação mais precisa, a mão de obra de todos os sistemas foram consideradas brasileira, evitando diferenças relacionadas à transformidade da mão de obra entre países. O resultado da contabilidade fornece índices em energia que permite realizar comparações entre sistemas de produção. Na tabela 2 estão os índices em energia dos cultivos.

Tab. 2: Índices em energia referente ao cultivo dos alimentos

Alimento	Índice		
	EYR	ELR	ESI
Broto de Bambu	1,35	2,86	0,47
Repolho	1,26	6,56	0,19
Feijão Verde	1,38	5,03	0,27
Batata	1,21	8,56	0,14
Tomate	1,08	21,76	0,05

A primeira coluna mostra os valores do índice de rendimento em energia (EYR). O feijão verde e o broto de bambu apresentam os melhores valores (1,38 e 1,35 respectivamente). Ter um alto rendimento não é garantia de um alto índice de sustentabilidade, afinal o índice de sustentabilidade ambiental (ESI) tem relação inversa com o índice de carga ambiental (ELR). No caso do broto de bambu que é o mais sustentável entre os alimentos, o valor ELR é o mais baixo. Isso fica evidente se observarmos o feijão verde, que tem o maior rendimento em energia entre os alimentos, mas em contrapartida apresenta valor de ELR de 5,03, ou seja, quase três vezes mais que a do broto de bambu.

Quanto mais preciso for estudo da sustentabilidade com base nos indicadores e índices ambientais, a tomada de decisão tende a ser mais consistente. Nesse sentido, ferramentas como o diagrama ternário (Barrella et al, 2005, Giannetti et al. 2006 e Almeida et al, 2007), podem ser utilizadas para fornecer maiores detalhes sobre a interação do sistema com o meio ambiente. O estudo da sustentabilidade ambiental em energia empregando o diagrama ternário permite verificar a região do digrama onde os cultivos se alocam. A fig. 2 mostra que o diagrama está dividido em três regiões de sustentabilidade. Essa divisão foi feita considerando a publicação de Brown e Ulgiati, (2002). Segundo os autores, valores de ESI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis em longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade em longo prazo têm ESI maiores.

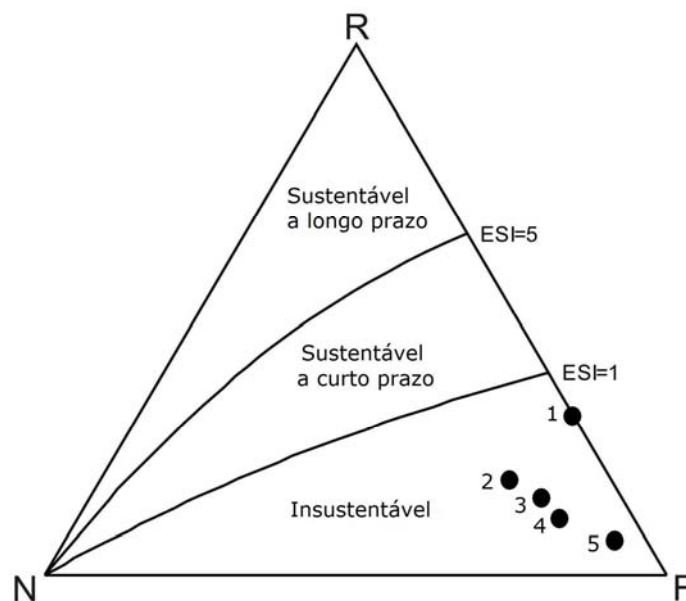


Fig. 2: Sustentabilidade ambiental da produção dos alimentos;
(1) Broto de bambu, (2) Repolho, (3) Feijão verde, (4) batata, (5) tomate.

De acordo com a figura 2, o cultivo do bambu é mais sustentável entre os cultivos, ficando próxima da região de $ESI > 1$, sendo o tomate o menos sustentável. Também é possível visualizar que o repolho emprega mais recurso não renovável, e que o broto de bambu emprega menos, pois é ponto mais distante do vértice N (vértice dos recursos não renováveis). Esse fato está associado à taxa de erosão dos cultivos, pois como o bambu é uma planta perene e com raízes profundas, a taxa de erosão do solo, tende a ser menor se comparado aos outros cultivos, que necessitam de replantio. Nesse sentido, Guarnetti (2007) et al, identificaram

exatamente o que acontece nos resultados do diagrama, ou seja, que os cultivos se concentram numa região específica. Isso acontece porque os sistemas agrícolas obedecem a características semelhantes no que diz respeito a proporção de emprego de recursos ambientais, se posicionando na região próxima vértice F e mais distante R e N.

A sustentabilidade ambiental ainda pode ser estudada empregando um índice (ESI) e um indicador de eficiência do sistema de produção (transformidade). Essa metodologia foi utilizada por Bonilla et al. (2009) e Almeida et al. (2009). Consiste em analisar o sistema considerando o valor de ESI e o inverso da energia/unidade de produto, (1/transformidade). A figura 3 mostra a o cultivo dos alimentos em termos de ESI e produtividade global. Como a produtividade global é o inverso da energia/grama de alimento, os cultivos com melhores resultados devem estar mais para a direita e para cima do gráfico, compreendendo a maior área possível. Dessa forma os sistemas apresentarão maiores ESI e menor energia/unidade de produto.

De acordo com a figura 3, o repolho e batata são os cultivos que tem as maiores área no gráfico, ou seja, considerando a produtividade global, esses alimentos possuem sistemas mais eficientes no ponto de vista da produção, pois investem menos energia por unidade de produto, mesmo tendo valores menores de ESI que o feijão e o broto de bambu. Ainda nessa análise, o broto de bambu aparece na terceira posição em eficiência, seguido pelo feijão verde e tomate. Mesmo o cultivo da batata apresentando valores ELR 3 vezes maior que o do broto de bambu (que é mais sustentável), ele é mais eficiente em termos de produção, pois produz mais biomassa seca por hectare. No caso do repolho, a situação é outra, pois ele produz menos biomassa seca que o broto de bambu por hectare, mas em contrapartida tem menor fluxo de energia investida no cultivo.

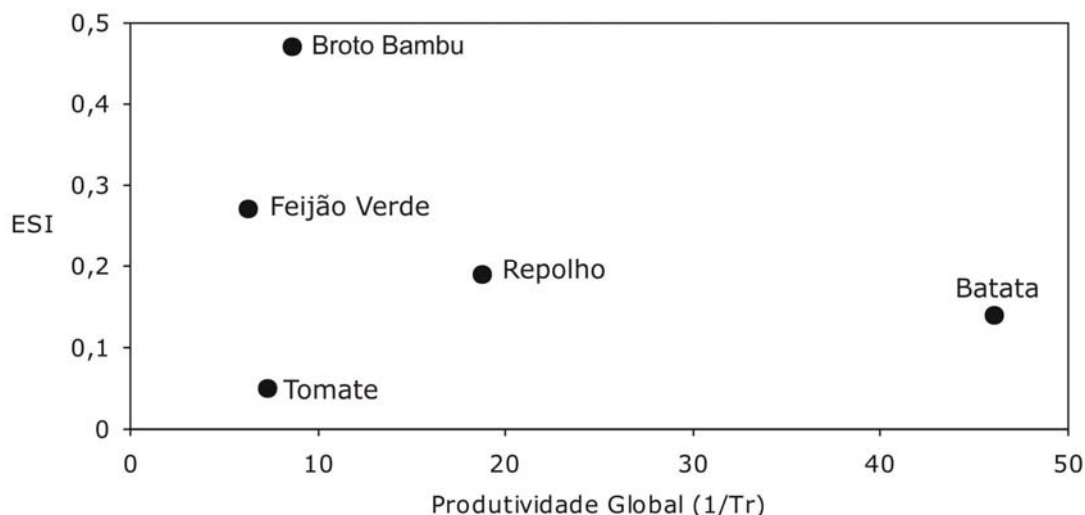


Fig. 3: ESI x Produtividade Global

A versatilidade da metodologia em energia fica evidente quando se pretende calcular a quantidade de energia investida por nutriente de cada alimento separadamente. A tabela 3 mostra os resultados dessa análise. Entre os alimentos, a batata é a que apresenta menor energia por grama, considerando todos os nutrientes, seguida do repolho. O pior alimento nesse aspecto é o feijão verde que aparece sempre com os maiores valores em energia por grama.

Como fonte de carboidrato, a batata (1,75) é sem dúvida a opção mais vantajosa, esse valor se deve ao fato de ela possuir duas vezes mais carboidratos que os outros alimentos e ter uma produtividade por hectare relativamente alta se comparada aos outros cultivos. O repolho pode ser um candidato a substituição da

batata quando o considerado o aspecto carboidrato por energia investida, pois é o segundo alimento depois da batata com menor valor (9,18).

O feijão verde é mais rico em fibra dentre os alimentos (ver tabela 1), em contrapartida é o que menos produz em g/ha ano, isso faz com que alimentos com menos proteína, como o broto de bambu, repolho e a batata empreguem menos energia por grama de fibra.

Nota-se na tabela 1 que o broto de bambu, é composto por 2 vezes mais proteína que o repolho, mas quando a análise considera a energia por grama de nutriente (tabela 3), esses alimentos apresentam valores aproximados (4,44 e 4,16 respectivamente), tornando-os fontes interessantes de proteínas, se comparado ao tomate e o feijão verde (8,71 e 11,71).

Tabela 3: Energia por unidade de nutriente dos alimentos

Alimento	sej/g carboidrato (x10 ¹²)	sej/g fibra (x10 ¹⁰)	sej/g proteína (x10 ¹¹)	Energia sej/J (x10 ¹²)
Broto de bambu	22,24	46,63	4,44	155,96
Repolho	9,18	21,30	4,16	89,11
Feijão verde	42,71	150,89	11,71	355,12
Batata	1,75	8,69	0,85	15,68
Tomate	22,22	52,53	8,71	214,00

No aspecto energia por energia investida, a batata é sem dúvida o alimento mais interessante (15,85) seguida do repolho (89,11). Nesse aspecto a batata leva grande vantagem, pois além de ter elevada produtividade por hectare comparado aos outros alimentos, sua composição é de 2 a 3 vezes mais carboidrato que os demais alimentos, fazendo com ela seja uma excelente fonte de energia. Em contrapartida essa relação - mais carboidrato em sua composição mais energia-poria o feijão verde em segundo lugar, pois é o segundo alimento mais rico em carboidrato (7,13), mas como se pode observar (na tabela 3), isso não acontece, o feijão é pior alimento nesse aspecto (355,12), sendo a energia por grama de nutriente em torno de 20 vezes maior que o valor da batata. Esse fato está associado à baixa eficiência do cultivo do feijão verde, pois emprega 7 vezes mais energia por grama de alimento produzido se comparado a batata.

4. Conclusão

Com base no índice de sustentabilidade ambiental em energia (ESI), o cultivo de broto de bambu é mais sustentável entre os alimentos estudados (repolho, tomate, batata e feijão verde).

O emprego do diagrama ternário permite a apresentação clara dos resultados e pode servir de interface entre cientistas ambientais e os tomadores de decisão, já que é perfeitamente possível realizar simulações envolvendo sistemas produtivos e o meio ambiente.

A comparação da sustentabilidade (ESI) e a produtividade global permitem estudar o sistema considerando a eficiência do sistema relacionado com sua capacidade de produção e investimento em energia por hectare. Nesse aspecto a batata é o melhor alimento e o tomate o pior.

A metodologia em energia demonstra versatilidade, pois permitiu calcular a energia por grama de nutriente dos alimentos. Nesse sentido, ela pode auxiliar na tomada de decisão de cultivar um alimento buscando uma fonte de nutriente específica. Nesse aspecto, a batata é melhor, pois em todos seus nutrientes a energia investida por grama de nutriente é menor se comparada aos outros alimentos. O

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

Feijão verde o pior deles. Essa comparação permite identificar fontes de nutrientes concorrentes em termos energia investida, pois considera propriedade nutricional do alimento e energia investida para obtê-lo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Vice Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa da Universidade Paulista.

6. Referências bibliográficas

Almeida, C. M. V. B., A. Rodrigues, J. M., Bonilla, S. H., Giannetti, B. F., 2009. Emery as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, Special Issue, in press.

Almeida, C.M.V.B., Barrella F.A., Giannetti B.F., 2007. Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making, *Journal of Cleaner Production*. 15, 63-74.

Barrella, F.A., Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., 2005. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e meio ambiente. *Revista Produção*, 15,87-101.

Bonilla, S. H., R. L. GUARNETTI, Almeida, C. M. V. B., Giannetti, B. F., 2009. Sustainability assessment of a Giant Bamboo plantation in Brazil: exploring labour, time and space influence.. *Journal of Cleaner Production*, Special Issue, in press.

Brandt-Williams, S.L., 2002. *Handbook of Emery Evaluation: A Compendium of Data for Emery Computation Issued in a Series of Folios. Folio No.4 – Emery of Florida Agriculture*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville. Available in: <http://www.ees.ufl.edu/cep/> Accessed in 10 August 2008.

Brown M. T., Ulgiati S., 2002, *Emery Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems*. *J Cleaner Prod*, 10, p. 321-334.

Brown M.T.; Ulgiati S., 1997. Emery-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation, *Ecological Engineering*, vol 9 pp 51-69.

Cusack, V., 1997, *Bamboo Rediscovered*, Earth Garden Books, Austrália

Cusack, V., 1998. Bamboo edible shoot and timber plantation – comparative data across species and economic analyses for *Dendrocalamus asper*, *Bamboo for Shoots and Timber*. Proceedings of Workshop, Hamilton, Brisbane, 24-25 October 1997, RIRDC Publication No 98/32. pp. 23-34.

Giannetti, B. F., Barrella, F. A., Almeida, C. M. V. B., 2006. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emery accounting, *Journal of Cleaner Production*.14, 201-210.

Giannetti, B.F., Barrella, F.A., Almeida, C.M.V.B., 2004. A Combined Tool for Environmental Scientists and Decision Makers: Ternary Diagrams and Emery Accounting, *J.Cleaner Prod.*, vol , pp. 1-10.

Kamegasawa, A. M. Y. 2004. Aplicações do bambu como material construtivo, com ênfase na fabricação de pisos. 124f. Dissertação (Mestrado em Habitação:

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Odum, H.T., 1996, Environmental Accounting, Emergy and Environmental Decision Making, John Wiley & Sons Ltd.

Projeto Bambu, 2007, Projeto Bambu (Pesquisas). Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pereira/pesquisa.htm>. Consultado em 05/07/2007

Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastianoni, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability An emergy analysis of Italy, Ecological Modelling. 73, 215-268.