



**1<sup>st</sup>**  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

**IV**  
SEMANA PAULISTA DE P+L  
CONFERÊNCIA PAULISTA DE P+L

## **A Influência da Mão de Obra na Sustentabilidade Ambiental do Cultivo Comercial do Bambu**

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**

Com base na contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de \*colmos, identificou-se os recursos que mais empregam energia no sistema. O recurso mais significativo é a mão de obra, que emprega em torno de 35% de toda energia. Utilizando o diagrama ternário, foi possível identificar diferenças significativas nos valores da sustentabilidade ambiental quando se altera a localidade do cultivo. Essa variação está associada a diferenças nos valores da transformidade da mão de obra entre países.

*\*Colmos: caules do bambu que crescem apenas horizontalmente e permanece com o mesmo diâmetro por toda a sua vida.*

*Palavra Chave: bambu; diagrama ternário; energia; sustentabilidade.*

---

### **Abstract**

The present study uses energy accounting environment of the cultivation's bamboo with the management to produce \*culms, where was identified the mains resources that use the major energy rates. The resource more significant is the labor, that use about 35% of all energy. Using the ternary diagram was possible to identify significant differences on the value's environment sustainability when the local of the cultivation is modified. This variation is associated the differences on the value's transformity of the labor among the countries.

*\*Culms: bamboo's stalks that grow up only horizontally and get with the same diameter for all your life.*

*Keywords: bamboo; ternary diagram; energy; sustainability*

---

### **1. Introdução**

Com o crescente desmatamento e pressão sobre as florestas tropicais, bem como sobre as áreas de reflorestamento, torna-se cada vez mais necessário optar por materiais renováveis e processos produtivos mais sustentáveis.

Considerado um rápido seqüestrador de carbono atmosférico, o bambu também possui excelentes características físicas e mecânicas que o tornam apto a ser utilizado no desenvolvimento de produtos empregando colmos (caules do bambu que cresce apenas horizontalmente e permanece com o mesmo diâmetro por toda a sua vida) em vez de madeira nativa ou de reflorestamento, tais como:

componentes da construção civil; indústria moveleira; cabos para ferramentas agrícolas, entre outros (Projeto Bambu, 2007). 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 estudar a variação da sustentabilidade ambiental levando em conta a influência da mão de obra local empregada no cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos. Para tanto, a contabilidade ambiental em emergia juntamente com o diagrama ternário serão empregados nesse estudo.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Origem dos dados do cultivo do bambu gigante em escala comercial.**

O cultivo comercial de bambu gigante com manejo voltado à produção de colmos foi gerado a partir de duas fontes de dados distintas: Projeto Bambu e o projeto de um cultivo comercial de bambu gigante (Cusak, 1998).

#### *Projeto Bambu*

Trata-se de uma plantação experimental de bambu, que pertence a Universidade Estadual Paulista – Unesp (informações em detalhes no site: <http://wwwp.feb.unesp.br/pereira/>). Essa plantação está localizada no Campus da cidade de Bauru e compreende uma área de 2500 m<sup>2</sup> (1/4 de hectare) onde são cultivadas 23 moitas de bambu gigante (*Dendrocalamus Giganteus*). O inventário físico (insumos) referente ao cultivo dessas moitas foi obtido por meio do 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*

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).

### **2.2 Contabilidade ambiental em emergia**

A contabilidade ambiental em emergia, desenvolvida nas últimas quatro décadas, até então pode ser utilizada na avaliação da qualidade dos recursos empregados em sistemas dinâmicos complexos. Uma completa abordagem da metodologia pode ser obtida em maiores detalhes em (Odum, 1996 e Ulgiati, 1994)

As fontes de recursos que compõem qualquer processo podem ser divididas em três classes: renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F). Esta divisão é fundamental para o estudo das interações entre processos produtivos e o meio ambiente. Os fluxos de recursos identificados por meio da contabilidade ambiental em emergia, permite calcular diferentes indicadores ambientais.

### **2.3 Indicador de Sustentabilidade (ESI)**

Indicador de Sustentabilidade (ESI) desenvolvido por Ulgiati e Brown (1997), é obtido da relação entre o rendimento de energia (EYR) e o indicador 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 1):

$$ESI = EYR/ELR \quad (1)$$

Segundo Brown e Ulgiati (2002) 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.

#### 2.4 Diagrama Ternário de Energia

A ferramenta gráfica denominada digrama ternário de energia, 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 aplicada 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.

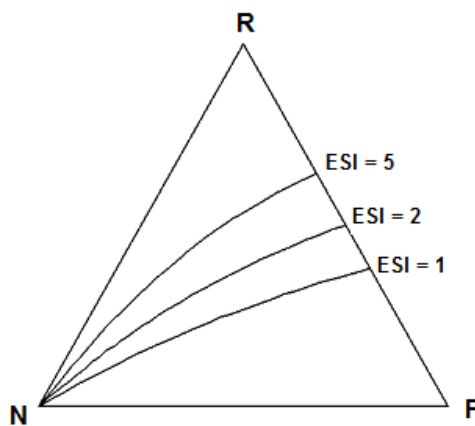


Fig. 1. Linhas de sustentabilidade.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Análise dos recursos ambientais empregados no cultivo do bambu

A contabilidade ambiental em energia do cultivo comercial do bambu gigante com manejo voltado à produção de colmos foi realizada com base nos dados do Projeto Bambu (Unesp-Bauru) e complementados com dados de projeto (Cusak, 1998).

A figura 2 relaciona os percentuais dos recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos. De acordo com a figura, a mão de obra, que é um recurso pago aparece como sendo o recurso mais significativo (35% em energia), seguido pela energia química da chuva (25% em energia) que é um recurso renovável.

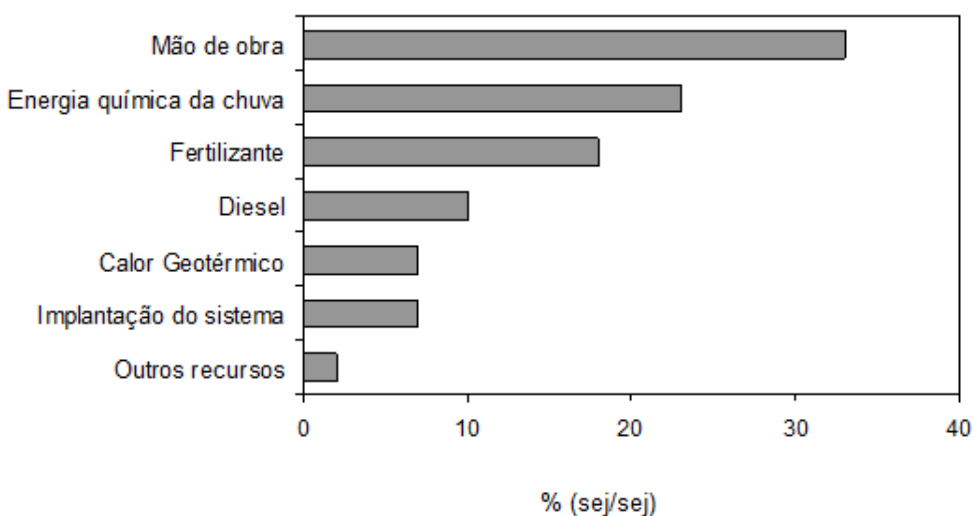


Fig. 2. Recursos empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos.

#### 3.2 Influência da mão de obra local na sustentabilidade

De acordo com a figura 2, a mão de obra é o recurso que mais emprega energia no sistema. Nesse sentido, alterar a localidade do cultivo pode ocasionar variações na sustentabilidade em função de diferentes transformidades da mão de obra entre países. Para essa análise, além do Brasil, foram escolhidos mais dois países, a Austrália, de onde se originou uma das fontes secundária dos dados empregados nesse trabalho, além de possuir condições favoráveis para o cultivo do bambu em escala comercial e a China, por ser o maior produtor e consumidor de bambu do mundo (Cusack, 1997). O diagrama ternário mostrado na figura 3 mostra a variação do índice de sustentabilidade quando se altera o local de cultivo.

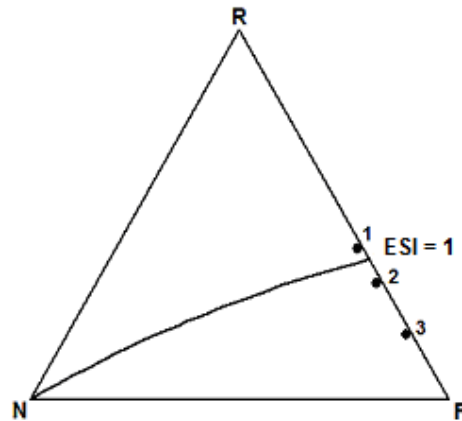


Fig.3. Influência da mão de obra na variação da sustentabilidade no cultivo de colmos: (1) China, (2) Brasil e (3) Austrália.

Como pode ser visto, o cultivo do bambu na China se mostra mais sustentável que no Brasil e Austrália, ficando na região de sustentabilidade  $S > 1$ . O cultivo no Brasil se posiciona região  $S < 1$ , mas relativamente próximo à linha de sustentabilidade  $S = 2$ . Isso mostra que dependendo do valor da transformidade da mão de obra onde o sistema é instalado, variações significativas acontecem no valor de ESI. O método empregado nesse trabalho para o cálculo da transformidade da mão de obra levou em consideração a energia por habitante de cada país. A Austrália, por exemplo, é um dos países que mais emprega energia/habitante, (Odum, 1996), isso faz com que o valor da transformidade da mão de obra australiana seja aproximadamente oito vezes maior que a chinesa. Assim, o estudo do ESI que compara o cultivo do bambu em diferentes países (figura 3), mostra que na Austrália o indicador de sustentabilidade (ESI), ficaria abaixo dos valores da China e do Brasil.

#### 4. Conclusão

De acordo com os resultados da contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos, o recurso mais significativo utilizado pelo sistema é a mão de obra, que por sua vez foi considerado um recurso pago. Nesse sentido, alterar a localização do cultivo pode gerar diferenças significativas no indicador de sustentabilidade (ESI). No caso do cultivo em países com alto valor de energia per capita, como é caso da Austrália, o valor da transformidade da mão de obra é maior, fazendo com que a sustentabilidade do sistema seja menor se comparado ao cultivo no Brasil, onde a energia per capita é aproximadamente cinco vezes menor que na Austrália (Odum, 1996).

O cultivo de bambu com manejo voltado a produção de colmos no Brasil apresenta sustentabilidade próxima de dois. Segundo Brown e Ulgiati (2002) valores de ESI maiores que um indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia, apresentando sustentabilidade em médio prazo.

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.

#### 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., 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.

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

Brown M.T.; Ulgiati S., 1997. Emergy-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 emergy 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 Emergy Accounting, *J.Cleaner Prod.*, vol , pp. 1-10.

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

Projeto Bambu, 2007, *Projeto Bambu (Pesquisas)*. Disponível em: <http://www.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.