



INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE EMERGIA

Jennifer Martins Waldhelm¹, Thiago Dias Azenha², Hermam da Silva Vargas³

¹Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UNICESUMAR, Maringá-PR. Bolsista PROBIC/UniCesumar. jenbmw5@gmail.com

²Orientador, Mestre, Docente de Cursos de Engenharia, UNICESUMAR

³Coorientador, Mestre, Docente da FEITEP, Maringá-PR

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver o conceito da emergia e o método de sua obtenção a fim de se compreender seu funcionamento na sustentabilidade de sistemas. O trabalho foi escrito após a separação e organização das literaturas coletadas que foram divididas em dois textos distintos: um contendo a definição da emergia e suas “transformidades” e outro, os passos para se atingir a emergia. A separação do material se fez necessária para adequar corretamente o conteúdo no corpo desta pesquisa, permitindo, por fim, concluir que a emergia é uma ferramenta interessante para se medir a riqueza real de algum bem ou serviço, sendo eles provenientes dos sistemas ecológicos, econômicos ou sociais.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxos de energia; Sustentabilidade; Transformidades.

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais advindos da ação humana durante seu progresso têm sido alvo de discussões entre os mais variados membros da sociedade, que reconhecem a conexão e importância das questões ambientais em suas diversas atividades, e buscam modos mais eficientes de mitigar os problemas que vêm sendo enfrentados.

Em meio a estas discussões, foi criado o conceito de desenvolvimento sustentável, que é “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações atenderem suas próprias necessidades” (BARBOSA, 2008 apud Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987). Entretanto, há certas dificuldades em alcançar este desenvolvimento, justamente pelas implicações entre os interesses econômicos, sociais e ecológicos.

Atualmente, o que se tem feito para atingir o desenvolvimento sustentável é a elaboração de novos “conceitos, a criação de legislação e o estabelecimento de normas com o objetivo de diminuir as contradições observadas entre atividade econômica e meio ambiente” (BACIC, ORTEGA, KASSAI, 2010), além da criação de índices e indicadores “[...] que reflitam os status das economias e ecossistemas relativos à sustentabilidade” (PEREIRA, 2008).

Assim sendo, procurou-se neste trabalho desenvolver o conceito básico da emergia, uma interessante ferramenta para tomada de decisões que contabiliza as transformidades dos fluxos de recursos e energia envolvidos na produção de algum bem ou serviço. Sua aplicabilidade vai desde a avaliação emergética do sistema produtivo de uma empresa, até a adaptação ou criação de políticas públicas que conciliam o ambiente e a economia, permitindo informar sua sustentabilidade através dos indicadores emergéticos.

Para conhecimento da síntese, ou análise emergética, colocou-se uma parte teórica contendo o histórico e o conceito de emergia com suas transformidades, e, por



consequente, empregou-se uma parte quantitativa, contendo os princípios para a delimitação de um sistema e a elaboração de uma tabela contendo fluxos de material e energia, além dos cálculos dos índices de desempenho dos sistemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica básica, elaborada a partir dos livros *Environment, Power and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy*, *O Declínio Próspero: Princípios e Políticas*, *A Economia da Natureza*, *Políticas Públicas e Indicadores para o Desenvolvimento Sustentável*, *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura sustentável* e do apoio de artigos encontrados na biblioteca eletrônica SciELO, na rede social ResearchGate, nas bases de dados ScienceDirect, UNICAMP (Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada – LEIA), UNIP (Revista Produção), Congresso Brasileiro de Custos, no site Google e em algumas revistas.

O material pesquisado foi separado em dois gêneros: teóricos (abordando os conceitos e históricos da energia) e práticos (metodologia de extração energética). Após isso, procurou-se resumir o conteúdo para ser organizado nas etapas deste trabalho.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A energia incorporada foi elaborada pelo cientista Howard T. Odum no ano de 1963, após muita pesquisa no campo da ecologia e nas leis da termodinâmica. Porém, foi a partir de 1983, que o termo “energia incorporada” foi alterado para “energia” através do amigo de Odum, o também cientista, David Scienceman (VOORA, THRIFT, 2010). Odum, assim como alguns economistas, observou a inexistente relação entre o ambiente e a economia convencional e, após muito trabalho, desenvolveu este conceito, capaz de avaliar produtos e serviços do homem em um valor comum aos dos serviços naturais, o valor energético, ou melhor, a energia (SINISGALLI, 2006).

Em inglês, *emergy*, de *embodied energy*, seria a energia incorporada no processo de produção ou custo energético do recurso gerado, ou seja, “energia é a energia necessária para se obter um produto” (ORTEGA, 2005).

Segundo Teixeira (2011) a energia está sustentada nas “leis da termodinâmica, da teoria de sistemas e da ecologia de sistemas. Assim, fluxos de recursos que não são trocados no mercado, inclusive a radiação solar, o vento e a onda, podem ser internalizados na produção econômica e valorados pela energia”.

3.1 TRANSFORMIDADES

A transformidade é definida como a quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente, na obtenção de 1 joule de um determinado produto ou serviço, e é expressa em sej/J (joule de energia solar por joule) (PIEROBOM, 2009).

Os valores das transformidades são derivados dos processos naturais calculados a partir da energia solar anual que flui para geobiosfera, [...] através da avaliação de insolação, calor profundo e energia das marés (VOORA, 2010 apud ODUM et al., 2000). Por conveniência, para o cálculo da energia usam-se transformidades que já foram calculadas anteriormente. Na literatura, existe mais de um valor de transformidades para



o mesmo produto (MAIA, 2010), assim, livros como *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making* e tabelas de transformidades como a do Laboratório de Engenharia Ecológica da UNICAMP são alguns exemplos frequentemente consultados para se obter valores das transformidades dos recursos.

3.2 DELIMITAÇÃO DO DIAGRAMA DE SISTEMAS

A fim de se obter os valores das transformidades e da energia, é crucial o conhecimento das simbologias que representam os fluxos de material e energia em um processo para que não haja possíveis perdas de recursos que alterem o resultado final. Assim, os símbolos da contabilidade emergética permitem construir um diagrama de sistemas de modo a simular o comportamento de todos os recursos envolvidos no esquema de estudo (TEIXEIRA, 2011).

A seguir, apresenta-se um diagrama demonstrando a disposição das figuras mais básicas que compõem os sistemas e, logo depois, um quadro contendo as simbologias frequentemente encontradas nas literaturas é exposto com seus respectivos significados.

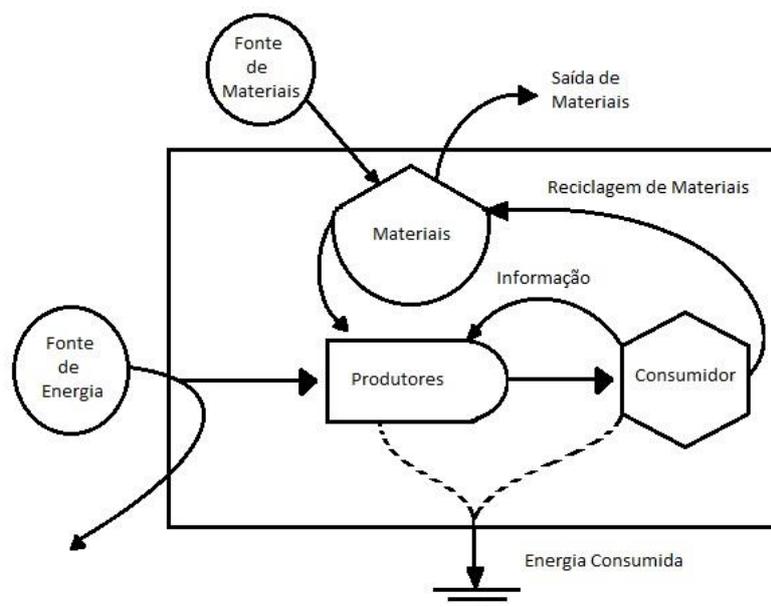


Figura 1 - Exemplo de diagrama de sistema. Adaptado de Odum (2012)

3.3 TABELA DE FLUXOS

A tabela de fluxos segundo Odum (2012) é composta, basicamente, por seis colunas, que podem ser personalizadas de modo a organizar corretamente os valores dos fluxos do sistema informar com maior precisão a energia do sistema. Mostra-se a seguir, uma síntese da tabela de fluxos.

Nota ou índice: numeração dos itens analisados.

Descrição: nome dos itens de entrada.

Fluxo de Energia Cal/ano: a eMergia que circula por ano.



Unidade: valor da transformidade ou energia por unidade (g,J).

Transformidade: fluxos de energia.

Porcentagem: porcentagem dos valores referentes da energia.

3.4 ÍNDICES

Investimento em energia: divisão da energia proveniente da economia (F) pela soma da energia total local (renovável e não renovável).

$$EIR = F / (N + R)$$

Rendimento em energia: relação entre a energia total ($Y = N + F + R$) e a energia dos insumos.

$$EYR = Y / F = (R + N + F) / F$$

Índice de carga ambiental: É a relação entre energia de entrada dos recursos locais não renováveis e de recursos provenientes da economia pela energia do recurso local renovável.

$$ELR = (N + F) / R$$

Índice de sustentabilidade: relação entre o rendimento em energia (EYR) e o índice de carga ambiental (ELR)

$$SI = EYR / ELR$$

Percentual de energia renovável: parcela de energia total processada de um sistema que provém de fontes de recursos renováveis.

$$\%R = (R \times 100) / (R + N + F)$$

4 CONCLUSÃO

A avaliação energética dos diversos sistemas que compõem a terra se mostrou uma ferramenta interessante para a contabilidade ambiental, visto que consegue quantificar os recursos dos sistemas em uma única unidade de medida comum a qualquer recurso, não quantificando os produtos apenas pela moeda, que é um fator externo aos processos naturais.

O fator energia, que é útil para o funcionamento de todo o planeta, é tomado como base de cálculo para os índices de energia, que podem muito bem informar o desempenho dos sistemas, inclusive o patamar de sua sustentabilidade.

Assim, através do conceito de energia foi possível ter um pensamento mais sistêmico e comparativo não só do comportamento dos sistemas ecológicos, mas também de como o sistema econômico se comporta semelhante aos sistemas naturais, não podendo ser analisado separadamente.



REFERÊNCIAS

BACIC, M. J.; ORTEGA E.; KASSAI, J. R. Aplicação do Conceito de Emergia na Contabilidade de Gestão Ambiental. Congresso Brasileiro de Custos, XVII, 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Custos, 2010. Disponível em: < <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/741/741>>. Acesso em: 29 Ago. 2016.

BARBOSA, G. S., O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO. **Revista visão**, Rio de Janeiro, v.1, n. 4 – Jan/Jul, 2008. Disponível em:< http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Deenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.

ODUM, H. T. **O Declínio Próspero: Princípios e Políticas**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

ORTEGA, H. et al. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2005.

PEREIRA, L. G. **Síntese Dos Métodos de Pegada Ecológica e Análise Emergética para Diagnóstico da Sustentabilidade de Países**. 2008. 183f. Tese, da Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/Tese-LucasPereira.pdf>>. Acesso em: 29 Ago. 2016.

PIEROBOM, J. L. **Estudo da sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de criação de tilápias**. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, São Paulo, 2009. Disponível em: < https://www.unip.br/ensino/pos_graduacao/strictosensu/eng_producao/download/eng_jose_luizpierobom.swf>. Acesso em: 29 Ago. 2016.

SINISGALLI, Antônio de Almeida. A eMergia como indicador de valor para a análise econômica-ecológica. **Megadiversidade**, São Paulo, v.2, n. 1-2 – Dez. 2006. Disponível em: <https://library.conservation.org/Published%20Documents/2009/megadiversidade_v2.pdf> Acesso em: 29 Ago. 2016.

TEIXEIRA, Marília Paula dos Reis. **Contabilidade ambiental emergética: uma análise comparativa entre sistemas de produção leiteira**. 2011. 139f. Dissertação (Mestrado) - Organização, Gestão e Sociedade, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2483/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Contabilidade%20ambiental%20emerg%C3%A9tica.pdf>. Acesso em: 29 Ago. 2016.

VOORA, V.; THRIFT, C. Using Emergy to Value Ecosystem Goods and Services. IISD, 2010. Disponível em: <<http://www.iisd.org/library/using-emergy-value-ecosystem-goods-and-services>>. Acesso em: 1 jun. 2016.