

Potencialidades da Contabilidade Emergética para *Disclosures* Ambientais

Resumo

O uso de métodos de valoração dos impactos ambientais e da sustentabilidade das organizações ainda é incipiente no Brasil, principalmente quando se trata da divulgação de relatórios ambientais. Destarte, este ensaio teórico apresenta reflexões sobre as potencialidades da contabilidade emergética como método de mensuração da sustentabilidade para estandardizar as *disclosures* ambientais das organizações. A contabilidade emergética foi desenvolvida por Odum (1996), e permite valorar as contribuições ambientais na produção bem como os impactos gerados pelas organizações no meio ambiente. Ademais, este método possibilita a contabilização de fluxos de recursos naturais e *inputs* humanos numa medida indexadora única denominada *emjoule*. A aplicação deste método de valoração ambiental por praticantes brasileiros encontra-se ainda em fase embrionária, haja vista que é um método de origem relativamente recente, sendo, dessa forma, campo inovador e fecundo para debates. Além disso, a contabilidade emergética é reconhecida internacionalmente como o método de valoração ambiental mais confiável dentre os existentes, o que corrobora a necessidade de debates acerca da aplicação deste método no Brasil.

Palavras-chave: Contabilidade Emergética; *Disclosures* Ambientais; Sustentabilidade.

1. Introdução

É notável que nas últimas cinco décadas o ser humano alterou os ecossistemas de maneira jamais observada em qualquer outra época da história da humanidade, e o fez, em geral, para abastecer o consumo crescente de alimentos, água, madeira, fibras, combustível e habitação. Frente a essa realidade, ressalta-se que a continuidade da evolução de consumo energético se torna incompatível com os recursos finitos disponíveis no planeta (VASSALLO, 2010), e, mesmo com todos os avanços tecnológicos, a humanidade permanece em estado de dependência da produtividade e dos serviços da ecossfera.

De fato, do ponto de vista ecológico, terra adequada e capital natural produtivo são fundamentais para a continuação da civilização no planeta. Tanto que na tentativa de minimizar os malefícios gerados pelo ser humano no meio ambiente, inúmeros encontros, conferências e reuniões acerca dessa temática são realizados.

Assim, a questão ambiental vem se consolidando como um tema central nos diversos debates da sociedade atual, principalmente pelo seu forte apelo na manutenção e conservação da espécie humana. As organizações estão no centro dessa discussão, devido aos grandes impactos ambientais gerados por suas atividades de produção. Em consequência, a sociedade procura cobrar das organizações um desenvolvimento econômico sustentável.

Destarte, urge a necessidade de adaptação das organizações em relação às práticas sustentáveis exigidas pelos *stakeholders*, o que suscita reflexos na gestão e também na forma como estas informam sua interação com o meio ambiente (ROVER *et al.*, 2009).

Segundo Palepu, Healy e Bernard (2004) os relatórios contábeis servem de base para uma ampla extensão da análise empresarial, sendo utilizado como meio importante para a administração comunicar o desempenho da empresa aos investidores e como um mecanismo de governança corporativa. Estes relatórios estão sob a égide do movimento de harmonização das normas contábeis brasileiras com os padrões internacionais de contabilidade que visa, dentre outras coisas, uniformizar as informações contidas nesses relatórios nacionais tendo como padrão modelos estrangeiros, com vistas a possibilitar comparações dos demonstrativos com maior facilidade.

Assevera-se que as divulgações contábeis podem coadunar com a necessidade que a sociedade tem em obter informações ambientais das organizações, ainda que por meio de *disclosures* voluntárias, haja vista que no Brasil as divulgações ambientais não são obrigatórias. Todavia, existe uma carência na utilização de métodos que sejam confiáveis e capazes de estandardizar as divulgações ambientais, tal qual preconiza a harmonização das normas brasileiras de contabilidade sobre os relatórios contábeis.

Partindo-se destas premissas, este ensaio tem por objetivo apresentar e sugerir a contabilidade emergética como método confiável e internacionalmente reconhecido para mensuração dos impactos ambientais das organizações bem como de seus níveis de sustentabilidade. Este método, relativamente recente, foi desenvolvido por Howard T. Odum (1996) e possibilita que todos os recursos (econômicos e da natureza renováveis e não renováveis) sejam mensurados numa mesma unidade de medida, o *emJoule*. Cabe destacar que a contabilidade emergética pode ser encontrada na literatura sob a denominação de análise emergética ou contabilidade ambiental em emergia.

2. Produção e Meio Ambiente: Em Busca do Equilíbrio para a Sustentabilidade

O marco das preocupações empresariais com o meio ambiente foi a reunião de notáveis de diversos países e áreas do conhecimento ocorrida em 1968, conhecida como Clube de Roma, que teve por finalidade discutir o uso dos recursos naturais e o futuro da humanidade. Esse encontro resultou em um manifesto intitulado “Limites do Crescimento”, de 1972, que considerava em termos trágicos o futuro mundial, caso a sociedade mantivesse os padrões de produção e consumo vigentes à época. Também em 1972, em Estocolmo, Suécia, foi realizada a primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (MEADOWS *et al.*, 1972). Outro marco ambiental foi a publicação, em 1987, do relatório “Nosso Futuro Comum” (CMMAD, 1988).

Em 1992 foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como ECO-92, a qual reforçou a necessidade da sociedade, como um todo, engendrar o desenvolvimento sustentável, cuja base está alicerçada em mudanças paradigmáticas no modo de conceber e implementar ações econômicas, políticas e sociais, que considerem os impactos dessas atividades sobre o meio ambiente. Em 1998, em Kioto, foi conduzida a discussão sobre a emissão de gases poluentes e o esforço necessário para se evitar o aquecimento global. Esse encontro foi seguido pela Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, a Rio Mais Dez.

Dessa forma, como parte de uma sociedade ecologicamente em transformação, cabe às empresas grande parcela de responsabilidade no que se refere à não degradação do meio ambiente. Slack *et al.* (2002) asseveram que a magnitude do impacto ambiental está diretamente relacionada à quantidade da população consumidora e ao impacto ambiental do processo produtivo ou do produto consumido por essa população. Como o controle demográfico é um assunto polêmico e impraticável, resta às empresas garantirem que seus produtos e processos de fabricação sejam mais limpos, com reduzido impacto ambiental (JIMENEZ; LORENTE, 2001), a fim de se obter um desenvolvimento sustentável. Por desenvolvimento sustentável entende-se que é aquele que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer as necessidades das futuras gerações (WILKINSON *et al.*, 2001).

Diante deste contexto institucional, há uma tendência na sociedade em cobrar das organizações um desenvolvimento econômico sustentável. Assim, a crescente preocupação com problemas de caráter ambiental tem estimulado o debate em torno das políticas organizacionais de *disclosure* ambiental. Deegan (2002) preconiza que independentemente de

pressões advindas do poder público, as organizações visam publicar voluntariamente suas evidenciações de conteúdo social e ambiental. Segundo o referido autor, esse fato ocorre uma vez que a estratégia de legitimação, por meio da *disclosure* ambiental voluntária, pode contribuir para fortalecer a imagem de uma organização como sendo comprometida com o bem-estar da sociedade e com a preservação do meio ambiente.

Assinala-se que a Teoria da Legitimidade justaposta à *disclosure* ambiental voluntária permite a sua compreensão. Pela lente da Teoria da Legitimidade, se as informações ambientais não são divulgadas pela organização, os agentes de mercado têm expectativas racionais sobre esse conteúdo da informação não divulgada, ou seja, eles presumem a informação não divulgada como uma informação desfavorável. Destarte, “*a estimativa do valor do ativo passa a ser adversa, ou seja, na falta de informação, os investidores descontam o valor dos seus ativos até o momento em que se torna interessante para a firma revelar a informação, mesmo desfavorável*” (SALOTTI; YAMAMOTO, 2005, p.59).

Sob essa égide, caso uma entidade não justifique a sua continuidade frente a sociedade, paulatinamente, os seus integrantes se encarregarão de revogar o “contrato social” (DEEGAN; RANKIN, 1996). Como exemplo de quebra do “contrato social” estes autores citam a diminuição ou eliminação da demanda por bens e serviços, a redução da oferta de insumos, as retaliações dos órgãos de monitoramento por meio de multas ou aumento da carga tributária, proibição de atividades que passam a contrariar os interesses sociais, entre outros artifícios. Assim, a *disclosure* ambiental é peça-chave para a legitimação das organizações.

Todavia, como alerta Epstein (2003), os 40 anos examinados em sua pesquisa permitiram uma análise de que ainda que haja um crescente aumento nas divulgações sociais e ambientais por parte das organizações, não houve uma melhoria da qualidade dessas divulgações. Pois, existe uma carência de emprego de métodos confiáveis que possam mensurar os impactos ambientais das atividades produtivas. Salienta-se as informações contábeis oriundas a partir da utilização de técnicas confiáveis promove a redução da assimetria informacional entre usuários internos e externos (LOPES; MARTINS, 2005), permite a padronização desses dados bem como o seu cotejamento e servem de subsídios para os *stakeholders*, visto que, como afirmam Berthelot, Cormier e Magnan (2003), as Demonstrações Financeiras não são as únicas fontes que os investidores utilizam no seu processo decisório, considerando também as questões sociais e ambientais das organizações.

Ressalta-se que uma *disclosure* ambiental confiável é aquela que é constituída por um método que consiga abarcar diversos aspectos, bastante complexos, entre os quais pode-se citar o investimento econômico, a produção ou o consumo de energia, além dos possíveis danos ou benefícios que o sistema pode trazer ao local, à região e ao planeta. Desse modo, assevera-se que a análise de um produto ou processo, que inclui as interações com o meio ambiente, resulta em um inventário extenso, que deve contabilizar centenas de contribuições tanto do ambiente como da economia. A busca por indicadores ambientais reflete a necessidade de reduzir ou sintetizar os resultados, principalmente quando o propósito é a tomada de decisão. Ressalta-se ainda que, a análise do sistema meio-ambiente/empresa requer a compreensão das relações entre valores tangíveis e intangíveis, variáveis dependentes e independentes. Ao se observar todas essas variáveis, será possível a confecção de *disclosures* ambientais mais fidedignas com a realidade.

Outro aspecto institucional muito relevante no Brasil, no que tange às publicações contábeis, é derivado do movimento de padronização das Normas Brasileiras de Contabilidade com os modelos internacionais. Esse movimento visa, dentre outras coisas, a padronização das informações contábeis. Dessa forma, é possível comparar os demonstrativos das organizações. No que se refere as *disclosures* ambientais, ainda que não sejam

obrigatórias, é desejável que elas também possuam um padrão, seguindo essa mesma tendência da contabilidade de caráter mais financeiro. Assim, para que se obtenha a padronização e a comparação entre produtos ou processos é necessário a utilização do mesmo método de normalização (JONSSON, 2000; SEPPÄLÄ; HÄMÄLÄINEN, 2001). Todavia, em se tratando de informações ambientais não existe essa padronização. Esse fato pode em parte ser explicado, pois a conscientização da importância dessas divulgações ainda são incipientes, essa constatação fica ainda mais latente quando se compara às informações financeiras, e os métodos de contabilidade ambiental ainda estão difundindo-se.

Dentre esses métodos, encontra-se de modo bem tímido no Brasil a Contabilidade Emergética. Todavia, autores do cenário internacional que possuem diversas publicações em periódicos renomados argumentam que a contabilidade ambiental em emergia é uma das técnicas mais inovadoras e completas referente à quantificação e valoração da sustentabilidade (HAU; BAKSHI, 2003; TAKAHASHI; ORTEGA, 2010; ZHANG, 2010). Dessa forma, a Contabilidade Emergética pode contribuir para a normalização da valoração da sustentabilidade das organizações. Ademais, esse método pode também ser uma ferramenta de comparação de quais práticas organizacionais são mais sustentáveis (FEDERICE et al., 2009), podendo servir como fonte de informações precisas e confiáveis para as *disclosures* ambientais das organizações. Além disso, Ulgiati e Brown (1998) destacam que os indicadores emergéticos oriundos da Contabilidade Emergética, desenvolvida por Howard T. Odum, podem ser úteis para monitorar as oscilações de um sistema, prever seu comportamento e adotar políticas adequadas no sentido de contribuir para a sustentabilidade.

Ademais, Brown (2009), Li *et al.* (2010) e Takahashi e Ortega (2010) afirmam que estão convencidos de que a lógica proposta por Odum para a contabilidade ambiental é uma das mais sérias tentativas - dentre as disponíveis - para lidar com a tarefa de gerar indicadores capazes de acompanhar as mudanças e os efeitos da intervenção humana nos sistemas ecológicos. Todavia, como já foi dito, o uso da Contabilidade Emergética ainda é embrionário no Brasil, principalmente no que tange as *disclosures* ambientais. Sendo, portanto, campo profícuo para debates e reflexões acerca de suas potencialidades.

3. As Preocupações Ambientais sob a Ótica Econômica

Para se compreender o papel proeminente da contabilidade emergética torna-se necessário conhecer em qual cenário ela foi gerada, tendo em vista que a contextualização dos fatos é primordial para a sua melhor compreensão (MORIN, 2000). Esse contexto encontra suas raízes na economia ecológica. Assim, no intuito de apresentar esses subsídios, procurou-se descrever o nascimento da economia ecológica, e posteriormente apresentar a contabilidade ambiental em emergia e suas potencialidades para *disclosures* ambientais das organizações.

Inicialmente, cabe destacar que as pessoas sempre pensaram e discutiram aspectos que hoje integram questões da Economia, dessa forma essa disciplina não possui um fundador. Todavia, tem-se registros que remetem à origem do termo aos filósofos Socráticos da Grécia Antiga, principalmente à obra “Oikonomikos” de Xenofonte (século IV a.C.), cuja tradução literal é “administração da casa” (BACKHOUSE, 2007). A “administração da casa” não abarca apenas aspectos financeiros, mas também a ordem da sociedade, do mercado e também do meio ambiente. Já o termo ecologia foi cunhado em 1866 por E. H. Haeckel, e tem sua etimologia de origem na palavra grega “Ökologie” e significa linguagem ou estudo da casa.

Contudo, apesar da congruência dos significados desses dois termos, por um longo tempo a ecologia e os recursos naturais não se configuravam como papel central nos modelos econômicos, exceto pelos trabalhos dos Fisiocratas (COMAR, 1998). A ausência de uma base

biofísica na teoria econômica moderna pode, em parte, ser explicada pela grande oferta e disponibilidade existente de recursos naturais de baixo custo e alta qualidade.

Outro quesito que pode elucidar tal marginalização dos aspectos biofísicos é a forte visão antropocêntrica da teoria econômica que prevalecia desde o século XVIII. Conforme visualizado na literatura, a lente antropocêntrica está desenhada na teoria clássica, neoclássica e marxista, pelas funções estruturantes do sistema econômico que são representadas pelos tratos humanos, no que tange tanto às idéias, desejos, questões metafísicas e morais quanto à contribuição da força física humana nos processos produtivos.

Todavia, a partir do momento em que o quesito recursos naturais passou a ser incorporado pela teoria econômica, surgiram diversas abordagens e aplicações de suas funções. Comar (1998) descreve a comunicação pessoal realizada por Amazonas (1998) de três distintas abordagens econômicas sobre o meio ambiente:

(i) **versão neoclássica da economia ambiental** – investiga, de modo mais simplista, um reajuste das contabilidades com o intuito de incorporar esta “nova” variável ambiental, contudo, sem alterar seus pressupostos básicos e sua visão de sustentabilidade dos fatores de produção, trocando recursos naturais por capital e trabalho. Ainda segundo os essa corrente, sempre haverá respostas tecnológicas inovadoras às crises energéticas e ambientais, nesse sentido, acreditam que não há um problema real, uma vez que essa teoria abarca este fator. Destaca-se ainda que sob esse prisma existem mecanismos que reconhecem parcialmente a reposição de recursos e o conceito de capacidade de suporte recebeu um aporte matemático teórico, contudo não incorporam as leis biofísicas;

(ii) **versão da economia ecológica** – procura novas formas de avaliação de bens e serviços ambientais com o objetivo de dialogar com os motes desenvolvimentistas, mundiais e locais, tanto na esfera da sustentabilidade econômica quanto ecológica. Estes teóricos colocam como o cerne de seus construtos a importância dos recursos naturais no processo de produção. Sob essa lente fazem o embate da presente crise ambiental com a proeminente e crescente demanda destes recursos e serviços e suas limitações em estoques e processos;

(iii) **versão dos heterodoxos, marxistas, regulacionistas, institucionalistas e evolucionistas** – fazem uma síntese das duas versões descritas acima, uma vez que dialogam com a economia ecológica, sem, porém, incorporar os princípios biofísicos em sua análise.

Os estudos neoclássicos visam obter, por meio da valoração contingente, quanto o consumidor está disposto a pagar ou aceitar recompensas por perdas de bens e serviços ambientais. Assim, esse arcabouço retrata a questão ambiental do ponto de vista do consumo, e faz uso do custo de oportunidade, ou seja, a opção de fazer uso de um recurso no presente ao invés de fazê-lo no futuro. No contraponto da abordagem neoclássica, a vertente biofísica, tende a identificar o valor dos recursos e seus respectivos custos em termos das diversas energias despendidas na produção e na manutenção da sua existência. Esta abordagem contabiliza os recursos naturais e ambientais por meio do ponto de vista da produção. A economia biofísica tem duas características principais: a) as leis físicas governam as transformações de energia e matéria; e b) a interdependência física entre os fatores de produção.

Nesse sentido, por meio da adoção da biofísica, surgem as principais obras e autores que alicerçam a economia em bases ecológicas, dentre elas destacam-se *The Economics of the Coming Spaceship Earth* (1966) de Kenneth Boulding; *The Entropy Law and the Economic Process* (1971), de Nicholas Georgescu-Roegen; *On Economics as a Life Science* (1968) de Herman Daly; *Environment, Power and Society* (1971), de Howard Odum. Contudo, a economia ecológica apenas consolidou-se de maneira mais veemente enquanto corrente

teórica por volta de 1980, com a fundação da *International Society for Ecological Economics* (ISEE) em 1988 e com a criação do periódico *Ecological Economics* em 1989. Dessa forma, a Economia Ecológica é um campo de pesquisa relativamente recente e vem se desenvolvendo intensamente. Principalmente por apresentar um campo fecundo de vertentes de investigação que estão se solidificando em estrutura analítica teórica e em métodos e técnicas.

Ressalta-se também a contribuição de mais duas vertentes econômicas no que se refere à ecologia: economia do decrescimento e o ecossocialismo. A economia do decrescimento tem suas origens no trabalho de Soddy (1922). Ele afirma que o crescimento da produção e o crescimento do consumo implicam crescimento da extração e destruição final dos combustíveis fósseis. Nesse sentido, a energia dissipa-se e não se pode reciclá-la. Assim, a riqueza real seria o fluxo permanente de energia proveniente do sol. Sob essa premissa, a contabilidade econômica tradicional é falsa uma vez que confunde o esgotamento dos recursos e o aumento de entropia com a criação de riqueza.

Georgescu-Roegen (1971) complementa as afirmações de Soddy, ao defender que não basta a economia, a produção e as transações pararem de crescer, nem mesmo estabilizar o fluxo de recursos naturais que entram na economia. Enfatiza ainda se a entrada de recursos naturais for mínima, mesmo assim esta não seria mais capaz de manter o fundo de capital intacto, passando a se deteriorar fisicamente. Isso indicaria um decrescimento real da escala da economia.

A abordagem ecossocialista tem como expoente Michael Löwy, que a define como “*uma corrente de pensamento e ação ecológica que faz suas aquisições fundamentais do marxismo – ao mesmo tempo que o livra das suas escórias produtivistas*” (LÖWY, 2005:47). O ecossocialismo representa assim um arcabouço crítico tanto à economia de mercado quanto ao “socialismo real”. Löwy busca em seu trabalho analisar as possíveis convergências entre o pensamento Marx-Engelsiano e os debates acerca da ecologia contemporânea. Também aponta a questão ecológica como o principal fator impulsionador de uma renovação teórica na tradição marxista.

Apesar das vertentes da economia ecológica terem algumas distinções, todas convergem na busca pela sustentabilidade. Constanza *et al.* (1991), alegam que para se obter a sustentabilidade dos sistemas produtivos e ecológicos é cogente que haja uma capacidade para construir objetivos e incentivos de curto prazo, todavia sem desconsiderar o crescimento econômico local e os interesses privados que devem ser condizentes com os objetivos globais de longo prazo, possuindo também como meta a sustentabilidade e o bem estar global. Visualiza-se que um processo sustentável é aquele que pode ser mantido continuamente, sem interrupção, enfraquecimento ou perda de valores ambientais relevantes.

Assim, a sustentabilidade é uma questão necessária para uma população que esteja no limite ou abaixo da capacidade de suporte de recursos (DAILY; EHRLICH, 1992). Constanza e Patten (1995) definem a sustentabilidade sob o enfoque ecológico como um sistema sustentável é aquele que sobrevive ou permanece. No que diz respeito aos aspectos biológicos, a sustentabilidade refere-se à tentativa de se evitar a extinção, e viver para sobreviver e se reproduzir. Já sob a abordagem econômica, isso constitui evitar colapsos e defender-se contra instabilidades e descontinuidades.

Dessa forma, surge a necessidade de se avaliar a sustentabilidade dos mais diversos sistemas produtivos, nas esferas local, regional e global. Ademais cabe também a valoração dos ecossistemas, pois estes não possuem valor zero, aliás, pode ser muito elevado (POST, 2007). Os ecossistemas possuem valor, pois mantêm a vida na Terra e proporcionam os serviços necessários para satisfazer as necessidades humanas, tanto materiais quanto não

materiais (MEA, 2003). Existem três diferentes perspectivas de se atribuir valores aos ecossistemas: sob o aspecto ecológico, sob o aspecto sócio-cultural e sob o aspecto econômico (FARBER *et al.*, 2002; LIMBURG *et al.*, 2002; HOWARTH; FARBER, 2002).

Segundo a perspectiva do valor ecológico deve-se priorizar a sustentabilidade ecológica dos ecossistemas. Desta maneira, a capacidade de provisão de bens e serviços deve ser controlada e condicionada por um limite de uso sustentável, que depende da contabilidade das interações dinâmicas entre suas funções, valores e processos específicos (De GROOT *et al.*, 2002). Ainda segundo os referidos autores, o valor “sócio-cultural” se atém, especificamente, à estima dos ecossistemas naturais como fonte de bem-estar subjetivo, uma vez que eles fornecem um vasto repertório de funções de informação capazes de influenciar a saúde humana, a sua educação, a diversidade cultural, a identidade, a liberdade e a sua percepção espiritual. Sob a égide do valor econômico, o enfoque está na visão utilitária, fundamentada na necessidade de mensurar a utilidade que uma sociedade ou indivíduo deriva de um dado bem ou serviço.

Assim, a questão é descobrir métodos para a valoração dos benefícios que não integram o mercado, em outras palavras, aqueles que não configuram benefícios monetários agregados (MEA, 2003). Para tanto, surgiram diversas técnicas de análise como o método de energia bruta, a pegada ecológica e a contabilidade emergética, sendo esta última, o foco desse estudo, devido às suas potencialidades ainda não exploradas dentro do campo organizacional.

4. Gênese, Desenvolvimento e Especificidades da Contabilidade Emergética

Sinigsalli (2006) retrata que em 1896, na Academia Imperial de Ciências de Viena, Ludwig Boltzman declarou que a “luta pela vida” inicia-se a partir da disputa pela disponibilidade energética. Esse embate ocorre porque o sucesso de cada espécie pode ser avaliado por meio do uso das fontes energéticas. Cabe destacar que, Boltzman foi o mentor de Lotka que, por sua vez, influenciou o alicerce teórico da ecologia de sistemas, proposta por Howard T. Odum, idealizador e precursor da Contabilidade Emergética.

Essa técnica é definida como a disponibilidade de energia que é utilizada em transformações diretas ou indiretas para produzir um produto ou serviço (ODUM, 1996). A energia, ou memória energética, permite o levantamento de todos os fatores que contribuem na produção de bens e serviços em um mesmo denominador: a energia da radiação solar equivalente ou necessária para o processo integral de produção (SCIENCEMAN, 1987; ODUM, 1996). Fluxos de recursos que não são trocados no mercado, inclusive a radiação solar, vento, onda, são internalizados na produção econômica e valorados pela energia.

Ademais, esses fluxos também podem representar matéria, energia, dinheiro e informação, além de trabalho, cultura e informação, que também podem ser agregados nessa metodologia, a fim de se contabilizar as suas respectivas contribuições nos processos produtivos (BROWN, 2009; PEREIRA, 2008). Para tanto, a análise emergética unifica a natureza, a economia e a cultura em uma mesma medida, revelando a enorme e ramificada cadeia energética que une as partes do sistema (ODUM, 1996). Em outras palavras, por exemplo, a luz, o combustível, a eletricidade e os serviços humanos podem ser colocados em uma base comum, expressando-os todos no *emJoules* de energia solar que é necessário para cada um (ODUM; ODUM, 2000).

No que tange especificamente à natureza, a análise emergética permite a quantificação e valoração de suas contribuições, em fontes de energia renováveis e não-renováveis, que outras técnicas geralmente não contabilizam ou a fazem de maneira parcial (ODUM, 1996; ULGIATI; BROWN, 2002). Os recursos renováveis (R) são extraídos do ambiente e possuem a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo (a energia

solar, ventos, chuva, etc). Os recursos não-renováveis (N) são armazenados na natureza, porém seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação (carvão, petróleo, florestas, água potável, etc). Os recursos provenientes da economia (F) são referentes a bens e serviços ou a recursos provenientes de outras regiões fora dos limites do sistema estudado.

A análise emergética se baseia nos princípios da Termodinâmica, da Teoria de Sistemas, da Ecologia de Sistemas. Enfatiza-se que é de suma importância reconhecer tanto a qualidade quanto a funcionalidade de cada tipo de energia que são utilizadas para a geração dos recursos. Tem-se que os sistemas da natureza e da humanidade são integrantes de uma hierarquia de energia universal e, por conseguinte, estão em uma rede de transformação de energia que une todos os sistemas (CAVALLET; ORTEGA, 2010).

Nesse sentido, as transformações de energia podem ser dispostas em uma série ordenada para formar essa hierarquia energética (ODUM, 1988; 1996). Por exemplo, muitos *joules* de sol são necessários para fazer um *joule* de combustível, vários *joules* de combustível para fazer um *joule* de energia elétrica, muitos *joules* de energia elétrica para suportar o processamento de informações em uma universidade, e assim por diante. Como diferentes tipos de energia não são iguais em contribuição, a análise emergética contribui ao expressar cada transformação em unidades de uma forma de energia anteriormente exigida. Esta quantidade é denominada de Emergia (ODUM, 1986; 1988) e é às vezes chamado de memória energética (SCIENCEMAN, 1987).

Para se medir a qualidade da energia e a sua posição na hierarquia de energia universal é necessário conhecer a sua transformidade, definida como a quantidade de emergia requerida direta ou indiretamente para gerar uma unidade de energia de outro tipo (ODUM, 1988). Trata-se da razão entre a emergia mínima necessária para um ecossistema produzir um recurso e a energia final contida nos recursos produzidos (ULGIATI; BROWN, 2002). A unidade da transformidade é o *emJoule* solar/Joule ou *emJoule* solar/g.

Assim, a transformidade de um produto tem sido calculada somando-se todas as entradas de emergia do processo e dividindo-se pela energia proveniente do produto. Assim, quanto maior for a transformidade de um recurso mais longe de sua origem ele estará, uma vez que há muito valor agregado nele (SU *et al.*, 2009; YANG, 2010). Nesse sentido, para se realizar a análise de fluxos de emergia dos sistemas é indispensável contar com a informação sobre a equivalência em Joules de energia solar (*sej*) e do monetário circulante (*sej/dólar*). Li *et al.* (2010) asseveram que a transformidade é um dos conceitos fundamentais da Teoria dos Sistemas e Emergia, e que é fundamental para cálculo da emergia.

Outra característica fundamental da análise emergética é o Princípio da Máxima Empotência. Denomina-se empotência a potência ecossistêmica (*emergia/tempo*). Assim, os sistemas tendem a maximizar o fluxo de energia em toda a cadeia alimentar, aplicando-se a todos os níveis e escalas ao mesmo tempo. Dessa forma, os sistemas se auto-organizam (expandem-se e contraem-se) em hierarquias de transformação de energia que pulsam, cobrem diversas áreas, acumulam energia e evoluem (BROWN; HERENDEEN, 1996). Odum (1996) afirma que este princípio determina que os sistemas ecológicos e econômicos, irão sobreviver ao longo do tempo e, portanto, contribuir para sistemas futuros.

O processo da contabilidade emergética segue algumas etapas lineares: (i) levantamento da história do local de estudo; (ii) elaboração de um diagrama; (iii) montagem da tabela de avaliação emergética; (iv) cálculo dos índices emergéticos; e (v) interpretação dos resultados, conforme destaca Odum (1996) e Odum *et al.* (2000). A análise se inicia por meio da identificação dos componentes principais do sistema, as suas entradas e saídas. O passo seguinte consiste na confecção de um diagrama composto por símbolos específicos que

represente o processo, assim como ilustrado nas Figuras 1 e 2.

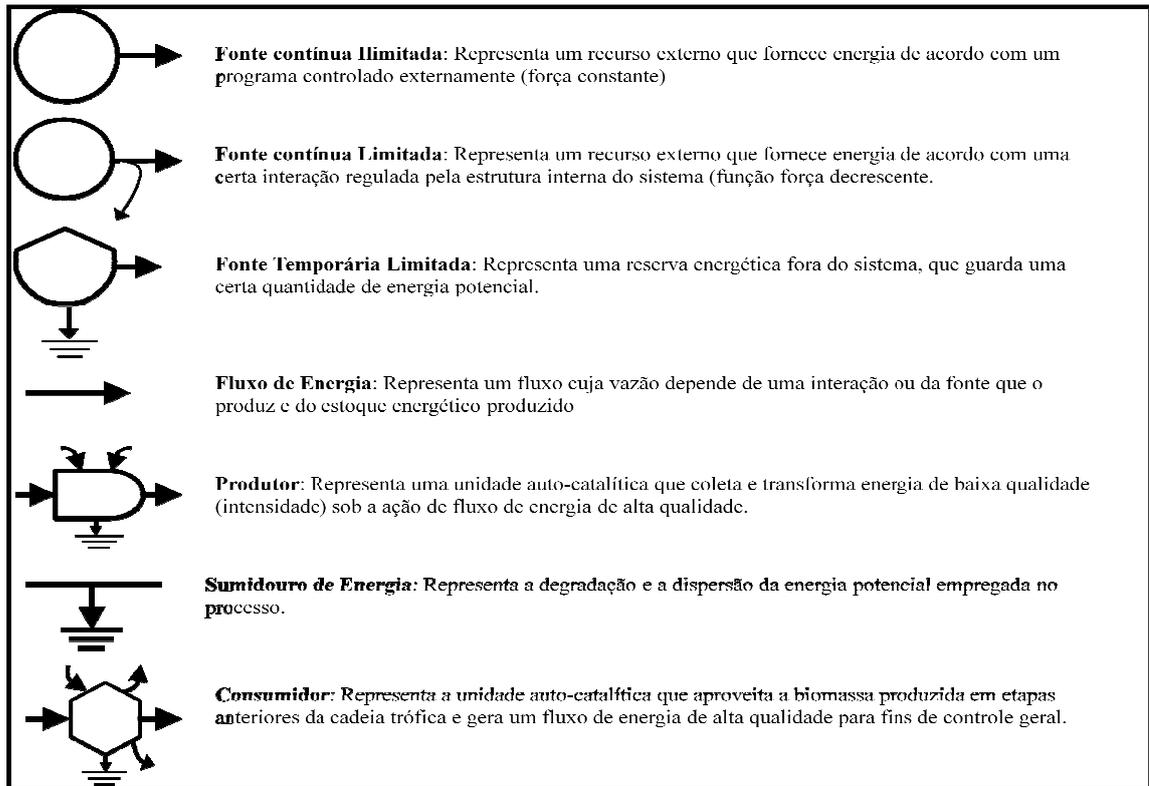


Figura 1: Símbolos da contabilidade ambiental em energia e seus significados I.
Fonte: Ortega (2005)

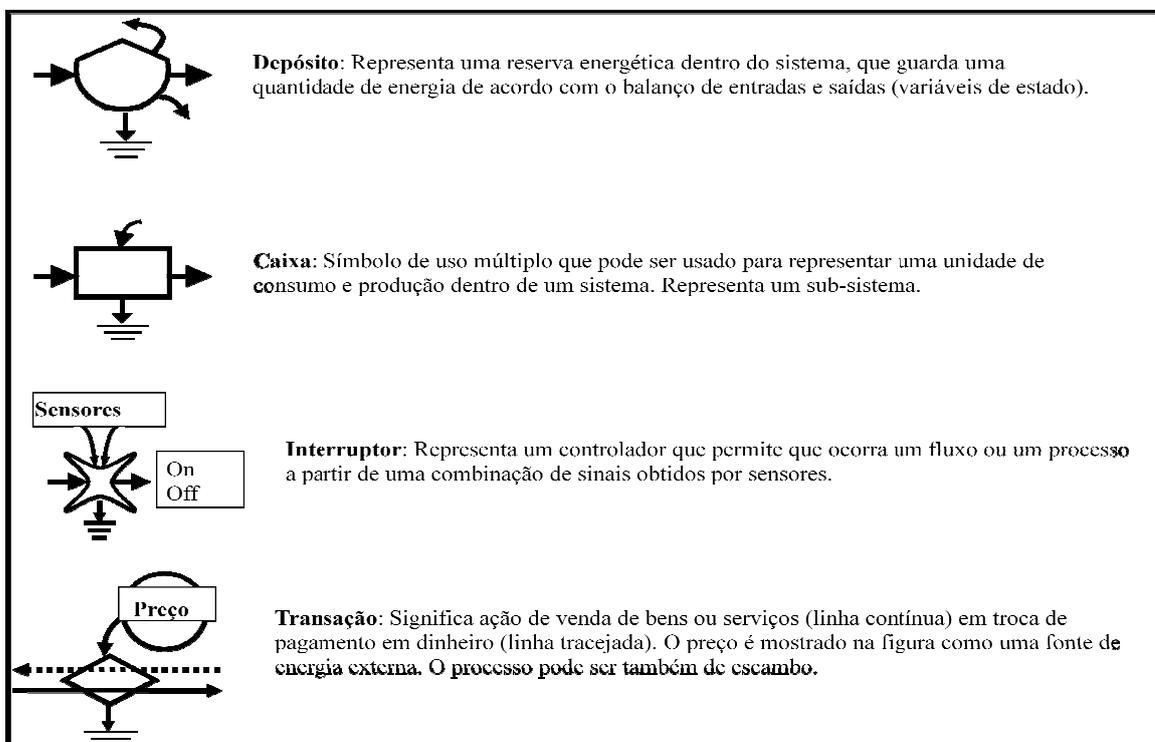


Figura 2: Símbolos da contabilidade ambiental em energia e seus significados II.
Fonte: Ortega (2005)

Por meio dos símbolos é possível elaborar o diagrama com todos os fatores do sistema

estudado, como apresenta a Figura 3:

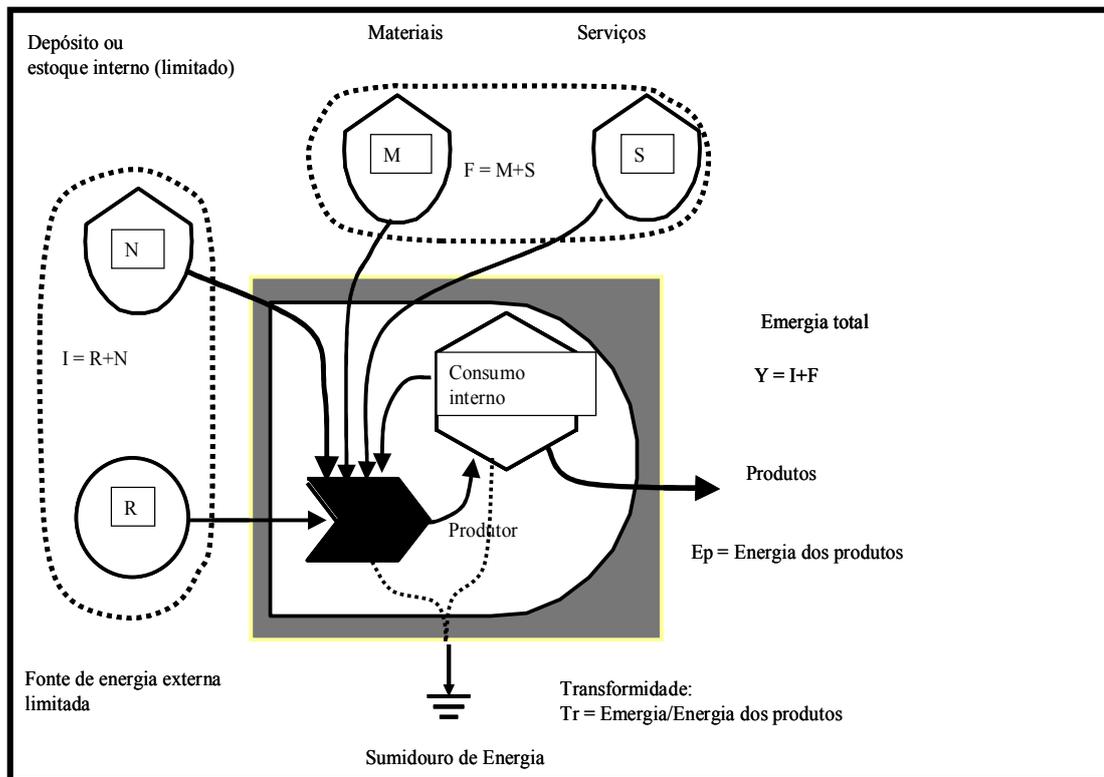


Figura 3: Exemplo fictício de um diagrama da contabilidade ambiental em energia
Fonte: Ortega (2005).

Após a confecção do diagrama sistêmico é possível visualizar um inventário crítico dos processos, estoques, e fluxos que integram o sistema sob estudo, e que serão então valorados, como ilustra a Tabela 1.

Nota Descrição	Fluxo Energético	Unidade J, Kg ou \$	Transformidade seJ/unidade	Fluxo de Energia seJ/ha.ano
R: Recursos Renováveis				
N: Recursos Não-renováveis				
M: Materiais da Economia				
S: Serviços da Economia				

Tabela 1: Modelo de tabela utilizada para o cálculo de fluxo de energia.
Fonte: Adaptado de Odum (1996)

Por meio dos dados coletados e avaliados pela análise emergética é possível criar diversas esferas de análises pelo tratamento dos índices emergéticos. Assim, as fórmulas para cálculo encontram-se descritas na Figura 4.

- a. Transformidade:** avalia a qualidade do fluxo de energia. A transformidade é obtida dividindo-se o valor da energia requerida para obtenção do produto (Y) ou serviço pela energia do produto ou serviço: **(E). $Tr = Y / E$**
- b. Renovabilidade Emergética:** é o valor da razão entre a energia dos recursos renováveis (R) utilizados e a energia total utilizada no sistema: **(Y). $\%R = (R / Y) \times 100$**
- c. Razão de Rendimento Emergético (*Emergy Yield Ratio*):** é a razão obtida pela divisão do valor da energia do produto ou serviço (Y) pela energia das entradas originadas da economia (F). Indica se o processo pode competir com outros no fornecimento de energia primária para: **$EYR = Y / F$**
- d. Razão de Investimento Emergético (*Emergy Investment Ratio*):** mede a proporção de energia das entradas do setor econômico (F) em relação às entradas do meio ambiente (I). Este índice mede o quão econômico é o processo ao usar os investimentos da economia em comparação com outras alternativas existentes na região. Se a razão de um processo apresentar um valor de EIR superior em relação aos outros processos, ele terá menos chances de subsistir, pois apresenta maiores custos de produção e utiliza menos os recursos gratuitos da natureza: **$EIR = F / I$**
- e. Razão de Intercâmbio Emergético (*Emergy Exchange Ratio*):** é a proporção de energia recebida (Y) em relação à energia concedida em uma transação comercial. As matérias-primas, minerais e produtos rurais tendem a ter um alto valor de EER quando são comprados a preço de mercado. O índice é encontrado através da multiplicação da relação energia/dinheiro (chamado de emdólar e cuja unidade é seJ/US\$) pelo dinheiro recebido pela venda (US\$). Esse índice avalia se o produtor está recebendo toda a energia necessária para a produção na venda dos produtos: **$EER = Y / [\text{produção unitária} \times \text{preço} \times (\text{energia/dólar})]$**
- f. Razão de Carga Ambiental (*Emergy Loading Ratio*):** esta razão indica a quantidade de energia, não-renovável ou não disponível localmente, que ingressa em uma economia. Quanto maior o uso de energia renovável por uma economia ou processo produtivo, menor o ELR. Conseqüentemente, economias e processos produtivos que são altamente dependentes de recursos emergéticos de fora tem altos ELR's. Portanto, o ELR indica a pressão que um processo coloca nos ecossistemas locais devido à importação da energia e dos materiais que não são nativos, e é assim uma medida geral do stress do ecossistema devido à atividade econômica: **$ELR = (N+F) / R$**

Figura 4: Índices da contabilidade ambiental em energia.

Fonte: Adaptado de Pereira (2008).

Conforme ilustrado, a contabilidade ambiental em energia é uma ferramenta eficaz para a valoração dos diversos fatores que integram um sistema, e algumas de suas vantagens foram elencadas por Hau e Bakshi (2004), uma vez que segundo eles a contabilidade emergética envolve:

- representar uma ponte que conecta os sistemas econômicos e ecológicos, uma vez que a energia pode ser quantificada para qualquer sistema, seus aspectos econômicos e ecológicos podem ser comparados em uma mesma base, independente da percepção estritamente monetária;
- compensar a inabilidade do dinheiro em atribuir importância às entradas sem valor de mercado, de uma maneira objetiva. Além disso, contempla uma visão ecocêntrica durante o processo de valoração, e não estritamente antropocêntrica;
- apresentar um respaldo científico por compartilhar do rigor de métodos termodinâmicos; por ter sua unidade comum permite que todos os recursos sejam comparados em uma base justa. Assim, a análise emergética reconhece as diferentes qualidades de energia e as variadas capacidades de realizar trabalho; e
- apresentar uma alternativa mais holística para guiar tomadas de decisão a respeito dos

ecossistemas. Muitos dos métodos já existentes como a análise de Ciclo de Vida e a Exergia são mais focados nas emissões e impactos, ignorando as contribuições cruciais dos ecossistemas para o bem-estar humano.

Todavia, a contabilidade emergética encontrou também, como muitas idéias inovadoras, uma grande resistência e crítica, sobretudo de economistas, físicos e engenheiros (HAU; BAKSHI, 2004). Destaca-se que dentre essas críticas encontra-se relatos que teoria emergética tem sido caracterizada como simples, contraditória, enganosa e imprecisa (AYRES, 1998; CLEVELAND et al., 2000; MANSSON; MCGLADE, 1993). Refutações às críticas também foram publicadas (ODUM, 1995a; 1995b; PATTEN, 1993).

No entanto, muito do persistente ceticismo parece resultar da dificuldade em se obter detalhes sobre os cálculos subjacentes, e a falta de formalidade entre ligações com os conceitos relacionados com outras disciplinas. Críticas relativas à incerteza, sensibilidade e quantificação não se aplicam apenas a análise emergética, mas a todos os métodos que se centram em uma visão holística da atividade industrial.

Sobretudo, argumenta-se que a contabilidade ambiental em emergia é uma das técnicas mais inovadoras e completas referente à quantificação e valoração da sustentabilidade (HAU; BAKSHI, 2004; TAKAHASHI; ORTEGA, 2010; ZHANG, 2010). Cabe destacar que esta sessão não se propôs a explorar completamente todos os aspectos e as vantagens da análise emergética, informações completas podem ser encontradas em Odum (1996) e em Brown e Ulgiati (1997).

Assim, muitas questões cruciais e pertinentes para a construção de uma sociedade sustentável podem ser abordadas pela contabilidade ambiental em emergia. Estas incluem medir a capacidade de transporte e uso do capital natural em nível global, nacional e regional, identificando o nível de utilização ecológica e rastreando o progresso rumo a sustentabilidade (WACKERNAGEL; YOUNT, 2000). Ademais a análise emergética tem sido amplamente utilizada para analisar diversos sistemas como o ecológico, o industrial, o econômico e o astronômico (BROWN; ULGIATI, 1997; 2004; LAGERBERG; BROWN, 1999; ODUM, 1996).

Giampietro (2009) ilustra três possibilidades de aplicações alternativas para a contabilidade ambiental em emergia: (1) executar análise qualitativa de tendências evolutivas de tipologias (categorias) de sistemas dissipativos identificado e caracterizado por uma estrutura de rede certa. (2) avaliar a "Pegada Ecológica", ou vários índices de "carga ambiental" do processo econômico, ou seja, a geração de famílias de "indicadores biofísicos de insustentabilidade" – termo proposto por Martinez-Alier (2005). Sob esta aplicação pode-se comparar a dimensão da atividade humana com a escala da atividade ecológica, de modo que seja possível obter a informação quantitativa e qualitativa que, no geral, são marginalizadas pelas análises econômicas. (3) avaliar o efeito líquido do comércio entre países que operam em diferentes níveis de carga ambiental e do desenvolvimento tecnológico.

Destarte, por meio do debate teórico desse ensaio, é possível visualizar as potencialidades da Contabilidade Emergética, principalmente como ferramenta de valoração dos aspectos e impactos ambientais das organizações. Por ser uma ferramenta confiável internacionalmente, esta técnica pode subsidiar *disclosures* ambientais, tendo em vista que há deficiência de métodos e padrões para esse campo.

5. Considerações Finais

Com o intuito de institucionalizarem-se, as organizações buscam atender as demandas

da sociedade, que atualmente clama pela sustentabilidade. Dessa forma, doravante as organizações buscarão cada vez mais publicar suas informações ambientais por meio de *disclosures*, ainda que de modo voluntário. Atendendo à necessidade de homogeneidade dos relatórios contábeis, preconizada pelo movimento de harmonização das normas brasileiras de contabilidade com os padrões internacionais, espera-se que as informações ambientais também sejam progressivamente uniformizadas. Destarte, para se obter informações estandardizadas entre as organizações é necessário fazer uso de um mesmo método de valoração dos impactos e da sustentabilidade ambiental. Todavia, quando se trata das *disclosures* ambientais ainda são rudimentares as padronizações, haja vista a falta de uso de um mesmo método.

Tem-se que a contabilidade emergética é, atualmente, o indicador mais completo de avaliação de sustentabilidade, além de ser um dos mais confiáveis por fazer uso da termodinâmica. Todavia, a análise emergética no Brasil ainda não foi empregada pela contabilidade nas *disclosures* ambientais e também é incipiente na academia. Assim, o propósito deste ensaio foi promover uma reflexão acerca da aplicabilidade da contabilidade ambiental em emergência no contexto organizacional, como meio de quantificação e valoração de sua sustentabilidade e de seus impactos ambientais para *disclosures* ambientais. Para tanto, procurou-se descrever a origem da economia ecológica, uma vez que essa sinalizava para a busca de ferramentas que pudessem mensurar a degradação ambiental. Frente a essa demanda se deu a gênese da contabilidade emergética, que permite a atribuição de valor à contribuição do meio ambiente nos processos produtivos. Ademais, a contabilidade emergética é, atualmente, o indicador mais completo de avaliação de sustentabilidade, além de ser um dos mais confiáveis por fazer uso da termodinâmica.

Esse método tem sua aplicação com maior destaque no campo das ciências agrárias para a valoração da sustentabilidade de atividades do agronegócio. Esse fato decorre da existência de um número maior de transformidades calculadas para esse ramo. Todavia, cabe enfatizar que as organizações ditas urbanas, por seu turno, também tem se deparado com a necessidade de aplicação de indicadores ambientais que forneçam uma fonte de comparação entre as diversas formas de produção, com vistas a dar preferência a processos produtivos mais sustentáveis e publicar essas informações em suas *disclosures* ambientais. A contabilidade ambiental em emergência supre essa demanda organizacional de geração de indicadores ambientais físicos e monetários. Ademais, essa ferramenta pode gerar informações que norteiam caminhos para que as organizações integrem desempenho ecológico e econômico.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa bibliográfica apontam que as formulações teóricas acerca da contabilidade emergética apresentam elevado potencial analítico e aplicativo que podem contribuir para avaliação dos impactos ambientais e na definição de novos indicadores de sustentabilidade das organizações. Sobretudo, o grande aporte deste ensaio é o incentivo à aplicação da análise emergética para *disclosures* ambientais, com o intuito de valorar os serviços do meio ambiente, além de fornecer subsídios confiáveis que auxiliem na conscientização e no incentivo de práticas organizacionais sustentáveis.

6. Referências Bibliográficas

- AYRES, R.U. *Ecology vs. Economics: Confusing Production and Consumption*. Center of the Management of Environmental Resources, INSEAD, Fontainebleau, France, 1998.
- BACKHOUSE, R. *Equilibrium and Problem Solving in Economics*. in Mosini (ed) (2007).

- BERTHELOT, S.; CORMIER, D.; MAGNAN, M. Environmental disclosure research: review and synthesis. *Journal of Accounting Literature*, v.22. p.1-44, 2003.
- BROWN, M. T. *et al.* Predicting national sustainability: The convergence of energetic, economic and environmental realities. *Ecological Modelling*, v. 220, n. 23, p. 3424-3438, 2009.
- BROWN, M. T.; HERENDEEN, R. A. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. *Ecological Economics* v. 19, p. 219-235, 1996.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy Analysis and Environmental Accounting. *Encyclopedia of Emergy*. V. 2, Elsevier, 2004.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, n. 9, p. 51-69, 1997.
- CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 1, p. 55-70, 2010.
- CLEVELAND, C.J.; KAUFMANN, R.K.; STERN, D.I. Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics*. v. 32, p. 301-317, 2000.
- CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1988.
- COMAR, M.V. Avaliação emergética de projetos agrícolas e agroindustriais: a busca do desenvolvimento sustentável. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 1998.
- COSTANZA, R.; DALY, H. E.; BARTHOLOMEW, J. A. Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. In: COSTANZA, R. (ed.) *Ecological Economics: the science and management of sustainability*. Columbia University Press: New York, 1991.
- COSTANZA, R.; PATTEN, B. C. Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics*, v. 15, p. 193-196, 1995.
- DAILY, G. C.; EHRlich, P. R. Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity: A Framework for Estimating Population Size and Lifestyles that Could Be Sustained Without Undermining Future Generations. *BioScience*, v. 42, p. 761-771, 1992.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, v. 41, p. 393-408, 2002.
- DEEGAN, C. The Legitimizing effect of social and environmental disclosures: a theoretical foundation. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*. v.15, n.3, p.282-311, 2002.
- DEEGAN, C., RANKIN, M. Do Australian companies report environmental news objectively? An analysis of environmental disclosures by firms prosecuted successfully by the Environmental Protection Authority. *Accounting, Auditing and Accountability Journal*, V. 9, n° 2, p. 52-69, 1996.
- EPSTEIN, M. J. The identification, measurement, and reporting of corporate social impacts: past, present and future. *Advances in Environmental Accounting and Management*, v.2, p.1-29, 2003.
- FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v. 41, p. 375-392, 2002.
- FEDERICI, M. *et al.* Air versus terrestrial transport modalities: An energy and environmental comparison. *Energy*, v. 34, n. 10, p. 1493-1503, 2009.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971.
- GIAMPIETRO, M. Impatto della qualità delle fonti energetiche sulla società: fonti energetiche a confronto. In: PAOLETTI, M. G.; GOMIERO, T. “*Opportunità e limiti della*

- agroenergie*". Aracne Editrice: Roma, 2009.
- HAU, J. L.; BAKSHI, B. R. Promise and problems of energy analysis. *Ecological Modelling*, v.178, p. 215-225, 2004.
- HOWARTH, R.B.; FARBER, S. Accounting for the value of ecosystem services. *Ecological Economics*, v. 41, p. 42, 2002.
- JIMENEZ, J. B. L.; LORENTE, J. J. C. Environmental performance as an operations objective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 12, p. 1553-1572, 2001.
- JONSSON, A. Tools and methods for environmental assessment of building products-methodological analysis of six selected approaches. *Building and Environment*, v. 35, p. 223-238, 2000.
- LAGERBERG, C.; BROWN, M. T. Improving agricultural sustainability: the case of Swedish greenhouse tomatoes. *Journal of Cleaner Production*, v. 7, n. 6, p. 421-434, 1999.
- LI, L. J. et al. Emergy algebra: Improving matrix methods for calculating transformities. *Ecological Modelling*, v. 221, n. 3, p. 411-422, 2010.
- LIMBURG, K.E.; O'NEIL, R.V. et al. Complex systems and valuation, *Ecological Economics*, v. 41, p. 409-420, 2002.
- LOPES, A. B.; MARTINS, E. *Teoria da contabilidade: uma nova abordagem*. São Paulo: Atlas, 2005.
- LÖWY, M. *Ecologia e Socialismo*. São Paulo: Cortez, 2005.
- MANSSON, B.A.; McGLADE, J. Ecology, thermodynamics and H.T. Odum's conjectures. *Oecologia*, v. 93, p. 582-596, 1993.
- MARTINEZ-ALIER J. *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria Editorial, 2005.
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosistemas e Bem-estar humano: Estrutura para uma Avaliação / relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecosistêmica do Milênio*. Tradução: Renata Lucia Bottini. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003. 379p.
- MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. W. *Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade*. São Paulo: Perspectiva, 1972.
- MORIN, E. Da necessidade de um pensamento complexo. In: Francisco Menezes Martins e Juremir Machado da Silva (org), *Para navegar no século XXI*. Porto Alegre: Sulina/Edipucrs. 2000.
- ODUM, H. T. Energy-systems concepts and self-organization—a rebuttal. *Oecologia*, v. 104 n. 4, p. 518-522, 1995a.
- _____. Emergy in ecosystems. In: POLUNIN, N. (ed) *Ecosystem Theory and Application*. Wiley: NY, 1986.
- _____. Environmental accounting, emergy and decision making. New York: J. Wiley, 1996.
- _____. Self organization, transformity and information. *Science*, v. 242, p. 1132-1139, 1988.
- _____. Self-organization and maximum empower. In: HALL, C. A. S. (Ed.), *Maximum Power - The Ideas and Applications of H. T. Odum*. University Press of Colorado: Niwot, 1995b.
- ODUM, H. T.; BROWN, M. T.; WILLIAMS, S. B. *Handbook of Emergy Evaluations Folios*. Center for Environmental Policy. University of Florida: Gainesville, 2000.
- ODUM, H. T.; ODUM, E.P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, v. 3, p. 21-23, 2000.
- ORTEGA, E. *Estudos sobre fluxos de emergia nos sistemas rurais*, 2005. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/extensao.htm>> Acesso em: 01 de fevereiro de 2011

- PALEPU, K. G.; HEALY, P. M.; BERNARD, V. L. *Business analysis e valuation: using financial statements*. 3. ed. Ohio: Thomson Learning, 2004.
- PATTEN, B. C. Toward a More Holistic Ecology, and Science-the Contribution of Odum, H. T. *Oecologia*, v. 93, n. 4, p. 597-602, 1993.
- PEREIRA, L. G. Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: O Brasil como estudo de caso. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 2008.
- POST – Parliamentary Office of Science and Technology. *Ecosystem Services*. Post Note, n. 281. Disponível em: <<http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn281.pdf>>. Acesso em: 01 julho 2010.
- ROVER, S.; TOMAZZIA, E. C.; MURCIA, F. D.; BORBA, J. A. Explicações para a divulgação voluntária ambiental no Brasil utilizando análise de regressão em painel. In: Congresso ANPCONT, 3., 2009, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ANPCONT, 2009. CD-ROM.
- SALOTTI, B.; YAMAMOTO, M. Ensaio sobre a teoria da divulgação. *Brazilian Business Review*, v.2, n.1, p.53-70, 2005.
- SCIENCEMAN, D. M. Energy and Emergy. In: PILLET, G.; MUROTA, T. (ed) *Environmental Economics*. Roland Leimgruber: Geneva, Switzerland, 1987.
- SEPPÄLÄ J.; HÄMÄLÄINEN R. P. On the Meaning of the Distance-to-Target Weighting Method and Normalisation in Life Cycle Impact Assessment. *International Journal LCA*, v. 6, n. 4, p. 211-218, 2001.
- SINISGALLI, P. A. de A. A eMergia como indicador de valor para a análise econômica-ecológica. *Megadiversidade*, v. 2, n. 1, 2006.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2002.
- SODDY, F. *Cartesian Economics*. Henderson: Londres, 1922.
- SU, M. R. *et al.* Urban ecosystem health assessment based on emergy and set pair analysis A comparative study of typical Chinese cities. *Ecological Modelling*, v. 220, n. 18, p. 2341-2348, 2009.
- TAKAHASHI, F.; ORTEGA, E. Assessing the sustainability of Brazilian oleaginous crops - possible raw material to produce biodiesel. *Energy Policy*, v. 38, n. 5, p. 2446-2454, 2010.
- ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modeling*, v. 108, n. 1, p. 23-36, 1998.
- ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions - The Case of Electricity Production. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, p. 335-348, 2002.
- VASSALLO, P. *et al.* Energy and resource basis of an Italian coastal resort region integrated using emergy synthesis. *Journal of Environmental Management*, v. 91, n. 1, p. 277-289, 2009.
- WACKERNAGEL, M.; YOUNT, J. D. Footprint for sustainability: the next step. *Environ., Dev. Sustain.* v. 2, p. 21-42. 2000.
- WILKINSON, A.; HILL, M.; GOLLAN, P. The sustainability debate. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 12, p. 1492-1502, 2001.
- YANG, Z. F. *et al.* Solar emergy evaluation for Chinese economy. *Energy Policy*, v. 38, n. 2, p. 875-886, 2010.
- ZHANG, X. H. *et al.* A sustainability analysis of a municipal sewage treatment ecosystem based on emergy. *Ecological Engineering*, v. 36, n. 5, p. 685-696, 2010.