

# ÍNDICES VERSUS INDICADORES: PRECISÕES CONCEITUAIS NA DISCUSSÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PAÍSES

RAÚL SICHE<sup>1</sup>  
FENI AGOSTINHO<sup>2</sup>  
ENRIQUE ORTEGA<sup>2</sup>  
ADEMAR ROMEIRO<sup>3</sup>

## 1 Introdução

Oficialmente, o conceito de sustentabilidade foi introduzido no encontro internacional *The World Conservation Strategy* (IUCN et al., 1980). A partir desta data, esse conceito passou a ser empregado com maior frequência, assumindo dimensões econômicas, sociais e ambientais, buscando embasar uma nova forma de desenvolvimento. O termo sustentabilidade foi bem explicado pela primeira vez dentro de um estudo realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente das Nações Unidas, mais conhecido como Relatório Brundtland, que o define da seguinte maneira: “é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em satisfazer suas necessidades” (WECD, 1987). Neste relatório, entre outras coisas, chegou-se à conclusão de que era necessária uma mudança de base no enfoque do desenvolvimento, já que o planeta e todos seus sistemas ecológicos estão sofrendo graves e irreversíveis impactos negativos.

A idéia de desenvolver indicadores para avaliar a sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92, conforme registrado no capítulo 40 da Agenda 21:

---

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agropecuárias, Universidade Nacional de Trujillo, Peru. E-mail: siche.j.r@gmail.com

<sup>2</sup>Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada, DEA, FEA, UNICAMP. E-mail: feni@fea.unicamp.br; ortega@fea.unicamp.br

<sup>3</sup>Núcleo de Economia Agrícola – NEA, UNICAMP. E-mail: ademar@eco.unicamp.br

**Autor para correspondência:** Raúl Siche, Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada, FEA, UNICAMP, CEP 13083-862, CP 6121, Campinas, SP Brasil. Fone: (19) 3521 4035. Fax: (19) 3521 4027. E-mail: ortega@fea.unicamp.br

Recebido: 20/1/2007. Aceito: 28/8/2007.

Os indicadores comumente utilizados, como o produto nacional bruto (PNB) ou as medições das correntes individuais de contaminação ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade. Os métodos de avaliação da interação entre diversos parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam deficientemente. É preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam a uma sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento” (UNITED NATIONS, 1992).

A proposta era definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerassem aspectos ambientais, econômicos, sociais, éticos e culturais. Para atingir esse objetivo tornou-se necessário elaborar indicadores que mensurassem e avaliassem o sistema em estudo, considerando todos esses aspectos.

Uma das mais importantes contribuições ao uso de indicadores de sustentabilidade foi dada por Rees (1992) com o desenvolvimento de um índice denominado Pegada Ecológica ou EF (do inglês *Ecological Footprint*). A metodologia original consistiu em construir uma matriz de consumo/uso de terra, considerando cinco categorias principais do consumo (alimento, moradia, transporte, bens de consumo e serviços) e seis categorias principais do uso da terra (energia da terra, ambiente (degradado) construído, jardins, terra fértil, pasto e floresta sob controle). O objetivo deste índice é calcular a área de terra necessária para a produção e a manutenção de bens e serviços consumidos por uma determinada comunidade (WACKERNAGEL; REES, 1996). No Brasil, a pegada ecológica é a ferramenta mais lembrada e conhecida pelos especialistas que atuam em diferentes esferas da sociedade e que lidam com o conceito de desenvolvimento sustentável (VAN BELLEN, 2004). Recentemente, foi publicada uma nova versão da Pegada Ecológica (GFN, 2006) com o objetivo de melhorar as deficiências da metodologia original. As principais diferenças são: a) inclusão da superfície total do planeta no cálculo de sua biocapacidade; b) reservar uma parte da biocapacidade para outras espécies; c) mudança das taxas de seqüestro de carbono pela vegetação; e d) uso da produtividade primária líquida (NPP) na determinação de fatores de equivalência para o cálculo da biocapacidade e da pegada ecológica (VENETOULIS; TALBERTH, 2006). Considerando essas alterações, a situação global (biocapacidade - pegada ecológica) é ligeiramente pior que a obtida através da metodologia original, pois passou de 1,2 para 1,37 ha/pessoa.

Outro índice considerado de grande importância na discussão sobre sustentabilidade de países é o Índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI (do inglês *Environmental Sustainability Index*) (SAMUEL-JOHNSON; ESTY, 2000). Este índice, quando proposto, rapidamente originou importantes discussões e controvérsias em escala acadêmica e política nos países do mundo inteiro, principalmente, porque alguns países como Estados Unidos e Dinamarca, que possuem uma comprovada participação na poluição do planeta, aparecem com valores muito bons. Por outro lado, através dos índices fornecidos pela pegada ecológica e pelos indicadores de desempenho emergético, os EUA e a Dinamarca possuem um desempenho considerado ruim (SICHE et al., in press). A comunidade científica considera

o EF e o ESI como os de maior impacto na avaliação da sustentabilidade de países, isto é, estão gerando grandes discussões e estão sendo utilizadas no mundo todo.

Os chamados Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPIs (do inglês Energy Performance Index), Renovabilidade e Índice de Sustentabilidade Emergética (BROWN; ULGIATI, 1997), consideram o sistema econômico como um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidades de energia agregada. Estes índices estão baseados na teoria da emergia proposta por Odum (1996). Estudos e propostas para avaliar a sustentabilidade em nível global (BROWN; ULGIATI, 1999) e de países, foram e estão sendo realizadas utilizando a análise emergética como ferramenta (ULGIATI et al., 1994; BROWN; McCLANAHAN, 1996; SICHE; ORTEGA, 2005; 2006).

Outras tentativas interessantes no desenvolvimento de índices para avaliar a sustentabilidade de países foram publicadas em importantes revistas internacionais (PEARSE; ATKINSON, 1993; GILBERT; FEENSTRA, 1994; NILSSON; BERGSTRÖM, 1995; AZAR et al., 1996; STOCKHAMMER et al., 1997; BICKNELL et al., 1998; NEUMAYER, 2001; BALOCCOA et al., 2004; STEINBORN; SVIREZHEV, 2000; MOSER, 1996; KROTSCHKE; NARODOSLAWSKY, 1996; BARRERA; SALDÍVAR, 2002), mas esses índices são pouco utilizados pela comunidade científica, devido ao elevado nível de manipulação de dados, exigindo muito tempo, grande conhecimento da ferramenta e de como obter os dados primários, ponderação dos dados e mudança de unidades.

O objetivo deste trabalho é discutir o significado das palavras associadas à discussão sobre a sustentabilidade de países, e ilustrar as vantagens e limitações dos índices EF, ESI e EMPIs.

## 2 Índice e indicador

Existe certa confusão sobre o significado de índice e indicador, onde muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos. Segundo Mitchell (1996), indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. Para Mueller et al. (1997), um indicador pode ser um dado individual ou um agregado de informações, sendo que um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado. Para Shields et al. (2002), um índice revela o estado de um sistema ou fenômeno. Prabhu et al. (1996) argumentam que um índice pode ser construído para analisar dados através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos.

Em uma análise superficial, índice e indicador possuem o mesmo significado. Para nós e outros pesquisadores, a diferença está em que um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem. Pode-se dizer também que um índice é simplesmente um indicador de alta categoria (KHANNA, 2000). É importante salientar que um índice pode se transformar num componente de outro índice. Este é o caso do ESI, que utiliza a EF como uma de suas variáveis.

No presente artigo, entende-se o termo índice como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural,

econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da junção de um jogo de indicadores ou variáveis. O termo indicador é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise. Normalmente um indicador é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais.

### 3 O que é sustentabilidade?

A palavra sustentabilidade é usada freqüentemente em muitas combinações diferentes: desenvolvimento sustentável; crescimento sustentável; comunidade sustentável; indústria sustentável; economia sustentável; agricultura sustentável; etc. Mas o que significa realmente?

Sustentabilidade vem do latim “*sustentare*” que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Dessa forma, sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado, mantido.

A sustentabilidade, de acordo com Sachs (1990), constitui-se num conceito dinâmico que leva em conta as necessidades crescentes das populações num contexto internacional em constante expansão. Para o autor, a sustentabilidade tem como base cinco dimensões principais, que são a sustentabilidade social, a econômica, a ecológica, a geográfica e a cultural. A sustentabilidade social está vinculada a uma melhor distribuição de renda com redução das diferenças sociais. A sustentabilidade econômica está vinculada ao fluxo constante de inversões públicas e privadas, além da destinação e administração correta dos recursos naturais. A sustentabilidade ecológica está vinculada ao uso efetivo dos recursos existentes nos diversos ecossistemas e, como um dos resultados, mínima deterioração ambiental. A sustentabilidade geográfica está ligada a uma espacialização rural-urbana mais equilibrada. A sustentabilidade cultural procura a realização de mudanças em harmonia com a continuidade cultural vigente.

Em 2002, este mesmo autor acrescentou mais quatro dimensões de sustentabilidade: ambiental, territorial (em lugar de geográfica), política nacional e política internacional. A sustentabilidade ambiental permitiria que ecossistemas naturais realizassem autodepuração. A territorial visa à eliminação de disparidades inter-regionais, a destinação igualitária de investimentos públicos e a conservação da biodiversidade pelo eco-desenvolvimento. A sustentabilidade no âmbito das políticas nacionais passaria por um nível razoável de coesão social, democracia e capacidade institucional do Estado em implantar um projeto nacional. Em relação às políticas internacionais, a sustentabilidade passaria pela garantia de paz assegurada pelo fortalecimento da ONU, controle do sistema financeiro internacional, verdadeira cooperação científica e diminuição das disparidades sociais entre os hemisférios norte-sul (SACHS, 2002).

Outros autores apresentam diferentes formas de analisar a sustentabilidade. Segundo Chambers e Conway (1991), a sustentabilidade dos meios de subsistência deve ser analisada sob dois prismas: ambiental e social. Do ponto de vista ambiental, a sustentabilidade implica na capacidade sistêmica de lidar com o estresse e os choques, possuindo a habilidade

de continuar e melhorar. Já a dimensão positiva da sustentabilidade social está na capacidade de previsão, adaptação e aproveitamento de mudanças no ambiente físico, social e econômico. Os autores apontam que a sustentabilidade depende de como os recursos e as potencialidades são utilizadas, mantidas e realçadas para preservar meios de subsistência. De acordo com Karr (1993), o foco da sustentabilidade deve estar na sociedade e não no desenvolvimento. Apesar de tudo, a realização de uma sociedade sustentável requer a atenção da dimensão econômica, além da dimensão social, biológica, ecológica e ambiental.

Para a GFN (2006), sustentabilidade é uma idéia simples, baseada na quantificação das taxas de produção e consumo de recursos naturais. Em um mundo sustentável, a pressão da sociedade sobre a natureza deve estar dentro dos limites desta em responder de modo equilibrado a esta pressão. Quando as demandas da humanidade de recursos ecológicos excedem a capacidade da natureza em fornecê-los, surge o denominado excesso ecológico.

Em termos emergéticos, a sustentabilidade de uma economia é uma função da dependência dessa economia de energia renovável local, do grau de dependência de energia importada, e a carga total da atividade econômica no ambiente (BROWN; ULGIATI, 1997).

O conceito de desenvolvimento sustentável tem ganhado ampla simpatia porque possui uma interpretação simples e satisfatória. Nesse ponto pode ser um pouco divergente do objetivo “desenvolvimento que permanece”, mas, na tentativa de encontrar uma definição mais substantiva, é necessário discriminar entre um grande número de diferentes abordagens. Considerando uma abordagem econômica ao problema, a escolha chave é se uns acreditam que o capital natural – as muitas funções que o meio ambiente fornece à humanidade e para ela mesma – deveria receber uma proteção especial ou poderia ser substituído por outras formas de capital, especialmente capital produzido pelo homem (DIETZ; NEUMAYER, 2007).

Turner (1993, apud EKINS et al., 2003, p. 168) definiu sustentabilidade forte e fraca como: a) sustentabilidade ambiental fraca deriva da percepção de que o bem estar não é normalmente dependente de uma forma de capital específica e pode, com algumas exceções, ser mantida pela substituição do capital natural pelo capital humano; e b) sustentabilidade ambiental forte deriva de uma percepção diferente, de que a substituição do capital natural pelo capital humano é fortemente limitada por algumas características ambientais, como irreversibilidade, incerteza e existência de serviços indispensáveis ao bem estar da biosfera.

De acordo com Dietz e Neumayer (2007), o capital natural engloba quatro categorias de funções. Primeiro, ele fornece o material bruto para produção e consumo direto como alimento, madeira e combustíveis fósseis. Segundo, ele assimila os resíduos decorrentes da produção e consumo de bens e materiais. Terceiro, ele fornece serviços de amenidade, como a amenidade visual da paisagem. Quarto, ele fornece funções básicas ao bem estar da biosfera, que as três primeiras funções citadas dependem. Então, a quarta categoria não é somente um determinante direto do bem estar humano, mas um valor primário – um valor que suporta todas as outras categorias – enquanto as três primeiras categorias possuem um valor secundário.

Os mesmos autores dizem que para a sustentabilidade fraca seria possível substituir alguns serviços naturais de assimilação de resíduos e de amenidade. Entretanto, o sistema

básico de suporte de vida é certamente impossível de ser substituído. Isto significa que o meio ambiente global - biosfera - fornece para a humanidade funções básicas a seu bem estar, como alimento, água, ar limpo e clima estável. Esses serviços ambientais indispensáveis são tratados pela sustentabilidade forte.

Na validação do paradigma da sustentabilidade fraca, é preciso que um dos seguintes itens seja verdadeiro: a) os recursos naturais são superabundantes; b) a elasticidade da substituição entre capital natural e humano é maior ou igual à unidade (equilíbrio no limite da razão produção-recurso); e c) o progresso tecnológico pode aumentar a produtividade do estoque de capital natural mais rápido do que ele está sendo utilizado (DIETZ; NEUMAYER, 2007). Segundo Victor (2005), que criticou a sustentabilidade fraca, as possibilidades de substituição de recursos dependem de um elevado grau de fornecimento contínuo e crescente de energia barata, cuja hipótese está sendo desconsiderada por muitos pesquisadores (CAMPBELL; LAHERRÈRE, 1998; CAMPBELL, 2006) que acreditam que a humanidade alcançou o fim do petróleo barato de fontes convencionais.

Em síntese, a sustentabilidade está ligada à preservação dos recursos produtivos e à auto-regulação do consumo desses recursos, eliminando o crescimento selvagem obtido ao custo de elevadas externalidades negativas (sociais e ambientais). Localmente, o principal desafio é melhorar a qualidade de vida, recuperando e usando adequadamente os recursos renováveis. Globalmente, o principal desafio é mudar o estilo de vida, vislumbrando a contenção do consumo, especialmente nas áreas urbanas dos países ricos.

#### **4 Índices e indicadores de sustentabilidade**

Quando se trata de indicadores ou índices de sustentabilidade, o debate está apenas se iniciando, pois não há, até o presente momento, uma fórmula ou receita consensual para avaliar o que é sustentável e o que é insustentável.

Um índice de sustentabilidade deve inicialmente referir-se aos elementos relativos da sustentabilidade de um sistema (CAMINO; MÜLLER, 1993) e a explicitação de seus objetivos, sua base conceitual e seu público usuário (ROMEIRO, 2004).

Um dos aspectos críticos de um índice de sustentabilidade é a metodologia adotada, tanto para sua determinação, quanto para sua leitura e interpretação. Independente da escolha, esta deve ser clara e transparente, não deixando dúvidas sobre quais os princípios que estão na base do processo. Outro aspecto determinante, em uma avaliação ambiental de um sistema, é que não existe a possibilidade de determinar sua sustentabilidade considerando apenas um indicador ou indicadores que se refiram a apenas um aspecto do sistema. A sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores (econômicos, sociais e ambientais), e todos devem ser contemplados no cálculo do índice de sustentabilidade através dos correspondentes indicadores (BOUNI, 1996), tal como ocorreu com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (UNDP, 2005).

Enfim, um índice de sustentabilidade implica: a) explicação dos mecanismos e lógicas atuantes na área sob análise; e b) quantificação dos fenômenos mais importantes que ocorrem no sistema. Através destes dois itens será possível conhecer: como a ação humana

está afetando seu entorno; alertar sobre os riscos de sobrevivência humana e animal; prever situações futuras; guiar na tomada de melhores decisões políticas.

## 5 Discussão

Poucas são as referências que utilizam corretamente os termos indicador e índice. Sem dúvida, indicador é o termo mais utilizado, porém erroneamente. Considerando que indicadores são normalmente utilizados como pré-tratamento aos dados originais (GOMES et al., 2000) e índices correspondem a um nível superior de agregação, não é muito adequado, por exemplo, chamar a Pegada Ecológica de indicador. A pegada ecológica, segundo a definição correta, é um índice.

Índices ou indicadores funcionam como um sinal de alarme para manifestar a situação do sistema avaliado, pois são valores estáticos, isto é, dão uma fotografia do momento atual. Sabendo que a natureza e a economia são sistemas dinâmicos, os índices não captam certos fenômenos que ocorrem no sistema, como a mudança tecnológica ou a adaptabilidade dos sistemas sociais.

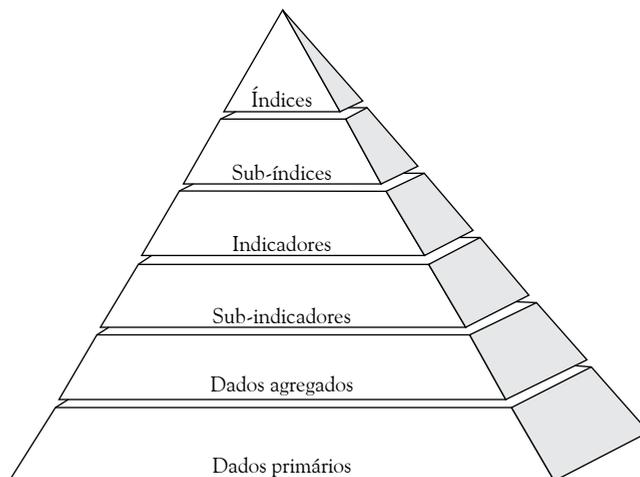
Alguns indicadores podem ser tratados com potencialidade pressagiadora, já que suas metodologias consideram a mudança dos estoques internos do sistema com o tempo como consequência das alterações das forças externas ou do estabelecimento de novos arranjos internos. Os índices mais importantes nesta linha são os de desempenho emergético (BROWN; ULGIATI, 1997). A maioria dos índices e indicadores de sustentabilidade são considerados como informações essenciais que nos auxiliam na avaliação do sistema em estudo no presente momento, e uma alternativa na construção de cenários no caminho da sustentabilidade.

Através da Figura 1, observamos que o topo da pirâmide corresponde ao grau máximo de agregação de dados, enquanto a base representa os dados primários desagregados. Cada ferramenta de avaliação possui suas particularidades. O EF, por exemplo, não trabalha com índices ou indicadores intermediários, pois utiliza somente os dados primários e agregados para obter o índice final. Logo, essa ferramenta pula da segunda para a última etapa.

O ESI utiliza todas as etapas da pirâmide de informação, pois precisa de uma enorme quantidade de dados primários para obter as variáveis (dados agregados + sub-indicadores) e os indicadores. Em seguida, os indicadores que estão separados em dimensões (sub-índices) são agregados para obter o índice final. Já os EMPIs, precisam de dados primários e dados agregados para obter seus indicadores, e, em seguida, juntá-los para obter os índices finais. Dessa forma, essa ferramenta pula as etapas sub-indicadores e sub-índices da pirâmide.

As três ferramentas apresentadas na Tabela 1 fornecem como resultado final um índice que é consequência da junção de outros indicadores ou dados trabalhados. Este índice é um valor numérico nos três casos. Podemos notar que os índices ESI e EMPIs necessitam de indicadores em seus cálculos. O ESI utiliza 21 indicadores enquanto o EMPIs utiliza 2 indicadores (EYR e a ELR).

Alguns índices têm sido utilizados em avaliações ambientais de diferentes escalas, por exemplo, a situação global da terra tem sido avaliada através da Pegada Ecológica (WWF, 2006) e dos índices de desempenho emergético (BROWN; ULGIATI, 1999). Estas



**Figura 1.** Nível de agregação de dados de uma determinada ferramenta de avaliação da sustentabilidade. Fonte: adaptado de Shields et al. (2002).

duas ferramentas também estão sendo utilizadas para avaliar sistemas menores como países, regiões e também pequenos negócios e produtos. Por outro lado, outros índices, como o ESI, vêm sendo utilizados apenas na avaliação da sustentabilidade de países.

O ESI é um índice robusto e muito laborioso de calcular, podemos até dizer que é quase impossível reproduzir seus resultados. Já a EF é mais simples, mas atrás da simplicidade aparente deste índice, existem cálculos relativamente complexos, como por exemplo, mensurar o consumo da sociedade sob avaliação.

**Tabela 1.** Comparação teórica dos índices Pegada Ecológica (EF), Sustentabilidade Ambiental (ESI) e de Desempenho Emergético (EMPIs).

Pirâmide de informação	Pegada ecológica	Índice de sustentabilidade ambiental	Índices de desempenho emergético
Índice	EF	ESI	EMSI e REN
Sub-índices ou dimensões	Não utiliza	5 dimensões	Não utiliza
Indicadores	Não utiliza	21 indicadores	EYR e ELR
Sub-indicadores ou variáveis	Não utiliza	146 variáveis	U (energia total), energia importada, energia exportada
Dados agregados	Consumo e biocapacidade	Não utiliza	N, R, F, G, I, E
Dados primários	Fluxos de matéria e energia	Todo dado disponível, incluindo outros índices ou indicadores	Fluxos de matéria, energia e dinheiro, que entram e saem do sistema

Fonte: Siche et al. (in press). N = Recursos Não-Renováveis Usados na Economia Nacional; I = Produtos e Serviços Exportados; R = Recursos Renováveis; F = Combustíveis e Minerais Importados; G = Produtos Importados; E = Produtos Exportados; REN = Renovabilidade ( $REN = R/U$ ); EYR = Taxa de Rendimento Emergético ( $EYR = U/(F + G + I)$ ); ELR = Taxa de Carga Ambiental ( $ELR = (N + F + G + I)/R$ ); EMSI = Índice de Sustentabilidade Emergético ( $EMSI = EYR/ELR$ ).

A utilização de indicadores e índices nas diversas áreas de interesse tem estado desde sempre rodeada de alguma controvérsia, em virtude das simplificações que são efetuadas na aplicação destas metodologias. Na Tabela 2, são apresentadas algumas das principais vantagens e limitações dos índices de sustentabilidade, focando esta análise nos três índices selecionados neste trabalho (ESI, EF e EMPIs), mas que pode ser projetado aos índices de sustentabilidade em geral.

**Tabela 2.** Vantagens e limitações dos índices de sustentabilidade (ESI, EF e EMPIs).

Vantagens	Limitações
(a) Avaliação dos níveis de sustentabilidade (ESI, EMPIs, EF);	(a) Subestima informação associada à sustentabilidade (EF);
(b) Capacidade de sintetizar a informação de caráter técnico/científico (ESI, EMSI, EF);	(b) Dificuldades na definição de expressões matemáticas que melhor traduzem os parâmetros selecionados (ESI);
(c) Identificação das variáveis-chave do sistema (EMSI, EF);	(c) Perda de informação nos processos de junção dos dados (ESI);
(d) Facilidade de transmitir a informação (EF);	(d) Diferentes critérios na definição dos limites de variação (EMPIs, ESI);
(e) Bom instrumento de apoio à decisão e aos processos de gestão ambiental (EF, EMPIs, ESI);	(e) Complexidade nos cálculos para chegar ao índice final (ESI);
(f) Sublinhar a existência de tendências pressagiadoras (EMPIs, EF);	(f) Dificuldades na aplicação em determinadas áreas como o ordenamento do território e a paisagem (ESI).

Modificado de Gomes et al. (2000).

## 6 Conclusões

Através das informações levantadas neste trabalho, podemos concluir que um índice é um dado mais apurado que provém da agregação de um jogo de indicadores ou variáveis e que pode interpretar a realidade de um sistema. Por outro lado, um indicador normalmente é utilizado como um pré-tratamento aos dados originais.

Existem muitas ferramentas que calculam índices de sustentabilidade, cada um com suas especificidades: necessidade de diferentes quantidades de dados primários; consideram diferentes fluxos de energia, massa e dinheiro; consideram pesos diferentes entre as abordagens econômica, ambiental e social; possuem diferentes considerações iniciais; mas todas objetivam diagnosticar o desempenho do sistema em estudo e servir como subsídio aos tomadores de decisão.

Sustentabilidade é um conceito complexo e que possui diferentes abordagens, mas em todas está intrínseco o conceito de equilíbrio da biosfera e do bem estar da humanidade. Se nosso desenvolvimento atual não é sustentável, é porque degradamos alguns biomas naturais que forneciam serviços ambientais críticos, ou seja, essenciais ao nosso bem estar e que não podem ser substituídos pelo capital humano.

Finalmente, índices ou indicadores de sustentabilidade constituem alternativas válidas e importantes para descrever a sustentabilidade de sistemas, mas que precisam considerar seu verdadeiro significado e alcance. O mais importante é que tanto índices como

indicadores de sustentabilidade já são vistos como padrões utilizados nas decisões políticas, estratégicas e empresariais dos países, sob a premissa ambiental.

## Referências bibliográficas

- AZAR, C.; HOLMBERG, J.; LINDGREN, K. Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics*, v. 18, n. 2, p. 89-112, ago. 1996.
- BARRERA, R. A.; SALDIVAR, V. A. Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicator*, v. 2, n. 3, p. 251-256, dez. 2002.
- BALOCCOA, C. et al. Using exergy to analyze the sustainability of an urban area. *Ecological Economics*, v. 48, n. 2, p. 231-244, fev. 2004.
- BICKNELL, K. B. et al. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand. *Ecological Economics*, v. 27, n. 2, p. 149-160, nov. 1998.
- BOUNI, C. Indicateurs de développement durable: l'enjeu d'organiser une information hétérogène pour préparer une décision multicritère. In: COLLOQUE INTERNATIONAL, ABBAY DE FONTEVRAUD - INDICATEURS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE, Paris, 1996. **Livro de Trabalhos**. Paris: Application des Sciences de l'Action (AScA), 1996. 14 p.
- BROWN, M. T.; MCCLANAHAN, T. R. Energy Analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling*, v. 91, n. 1-3, p. 105-130, nov. 1996.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, v. 9, n. 1-2, p. 51-69, set. 1997.
- \_\_\_\_\_. Emergy evaluation of the biosphere and natural capital. *Ambio*, v. 28, n. 6, p. 486-493, set. 1999.
- CAMINO, R.; MÜLLER, S., **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José, CR: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), 1993. 134 p. (Série Documentos de programas IICA, n. 38).
- CAMPBELL, C. J. The Rimini Protocol an oil depletion protocol: Heading off economic chaos and political conflict during the second half of the age of oil. *Energy Policy*, v. 34, n. 12, p. 1319-1325, ago. 2006.
- CAMPBELL, C. J.; LAHERRÈRE, J. H. The end of cheap oil. *Scientific American*, p. 78-83, mar. 1998.
- CHAMBERS, R.; CONWAY, G. R., **Sustainable Rural Livelihoods: practical concepts for the 21<sup>st</sup> century**. **Institute of development studies**: Discussion Paper, n. 296, 1991. Disponível em: <<http://www.ids.ac.uk/ids/bookshop/dp/dp296.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2007.
- DIETZ, S.; NEUMAYER, E. Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecological Economics*, v. 61, n. 4, p. 617-626, mar. 2007.
- EKINS, P. et al. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, v. 44, n. 2-3, p. 165-185, mar. 2003.
- GILBERT, J. A.; FEENSTRA, F. J. A sustainability indicator for the Dutch environmental policy theme 'Diffusion': cadmium accumulation in soil. *Ecological Economics*, v. 9, n. 3, p. 253-265, abr. 1994.
- GOMES, M. L.; MARCELINO, M. M.; ESPADA, M. **Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável**. Direção Geral do Ambiente. Portugal: Direção de Serviços de Informação e Acreditação Direção Geral do Ambiente, 2000. 228 p. Disponível em: <<http://www.iambiente.pt/sids/sids.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2007.
- GFN, Global Footprint Network. **Ecological Footprint**: Overview. 2007. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2006.
- IUCN; UNEP; WWF **The World Conservation Strategy**: Living Resource Conservation for Sustainable Development. International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Wide Fund for Nature (WWF), Gland, Switzerland, 1980.
- KARR, J. R. Protecting ecological integrity: An urgent societal goal. *Yale Journal of International Law*, v. 18, n. 1, p. 297-306, 1993.
- KHANNA, N. Measuring environmental quality: an index of pollution. *Ecological Economics*, v. 35, n. 2, p. 191-202, nov. 2000.

- KROTSCHKE, C.; NARODOSLAWSKY, M. The Sustainable Process Index, a new dimension in ecological evaluation. **Ecological Engineering**, v. 6, n. 4, p. 241-258, jun. 1996.
- MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable Development**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 1996.
- MOSER, A. Eco-technology in industrial practice: implementation using sustainability indices and case Studies. **Ecological Engineering**, v. 7, n. 2, p. 117-138, out. 1996.
- MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.
- NEUMAYER, E. The human development index and sustainability - a constructive proposal. **Ecological Economics**, v. 39, n. 1, p. 101-114, out. 2001.
- NILSSON, J.; BERGSTRÖM, S. Indicators for the assessment of ecological and economic consequences of municipal policies for resource use. **Ecological Economics**, v. 14, n. 3, p. 175-184, set. 1995.
- ODUM, H. T. **Environmental Accounting, Energy and Decision Making**. New York: J. Wiley, 1996. 370 p.
- PEARCE, W. D.; ATKINSON, D. G. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. **Ecological Economics**, v. 8, n. 2, p. 103-108, out. 1993.
- PRABHU, R., COLFER, C. J. P., DUDLEY, R. G. **Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management**. Toolbox Series, n. 1. Indonesia: CIFOR, 1999.
- REES, W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economies leaves out. **Environment and Urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.
- ROMEIRO, A. R. (Org.). **Avaliação e Contabilização de Impactos Ambientais**. Campinas (Brasil): Editora UNICAMP, 2004. 400 p.
- SACHS, I. Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas. Los casos de India y Brasil. **Pensamiento Iberoamericano**, Madrid, v. 46, p. 235-256, 1990.
- \_\_\_\_\_. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96 p.
- SAMUEL-JOHNSON, K.; ESTY, D. C. **Pilot Environmental Sustainability Index Report**. Davos (Switzerland): World Economic Forum: Annual Meeting, 2000. 41 p. Disponível em: <[http://sedac.ciesin.org/es/esi/ESI\\_00.pdf](http://sedac.ciesin.org/es/esi/ESI_00.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2007.
- SHIELDS, D.; SOLAR, S.; MARTIN, W. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicator**, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, nov. 2002.
- SICHE, J. R.; ORTEGA, E. O Índice de Sustentabilidade Emergético como ferramenta para avaliar a sustentabilidade dos países da América Latina. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA, 2., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005. Disponível em: <[http://www.cori.rei.unicamp.br/CT/resul\\_trbs.php?cod=214](http://www.cori.rei.unicamp.br/CT/resul_trbs.php?cod=214)>. Acesso em: 12 nov. 2007.
- \_\_\_\_\_. Energy-based sustainability of the Peruvian economy. In: BIENNIAL EMERGY ANALYSIS CONFERENCE, 4., 2006, Gainesville, Florida. **Proceedings...** Gainesville, Florida: The Center for Environmental Policy, University of Florida, 2006. p. 11.1-11.13.
- SICHE, J. R. et al. Sustainability of nations by indices: comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. **Ecological Economics**, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.10.023 (in press).
- STEINBORN, W.; SVIREZHEV, Y. Entropy as an indicator of sustainability in agro-ecosystems: North Germany case study. **Ecological Modelling**, v. 133, n. 3, p. 247-257, set. 2000.
- STOCKHAMMER, E. et al. The index of sustainable economic welfare (ISEW) as an alternative to GDP in measuring economic welfare. The results of the Austrian (revised) ISEW calculation 1955-1992. **Ecological Economics**, v. 21, n. 1, p. 19-34, abr. 1997.
- ULGIATI, S.; ODUM, H.T.; BASTIANONI, S. Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy. **Ecological Modelling**, v. 73, n. 3-4, p. 215-268, jun. 1994.
- UNDP. **Human Development Report 2005**. Washington, USA: United Nations Development Programme (UNDP), 2005. 388 p. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2005/>>. Acesso em: 06 nov. 2007.

- UNITED NATIONS. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, Brasil: United Nations Conference on Environment & Development, 1992. 338 p. Disponível em: <[http://www.sidsnet.org/docshare/other/Agenda21\\_UNCED.pdf](http://www.sidsnet.org/docshare/other/Agenda21_UNCED.pdf)> . Acesso em: 12 nov. 2007.
- VAN BELLEN, H. M. Sustainable development: presenting the main measurement methods. **Ambiente e Sociedade**. Campinas, Brasil, v. 7, n. 1, p. 67-87, jan./jun. 2004.
- VENETOULIS, J.; TALBERTH, J. **Ecological footprint of nations, 2005 update**. California, USA: Redefining Progress, 2006. 16 p. Disponível em: <<http://www.ecologicalfootprint.org/pdf/Footprint%20of%20Nations%202005.pdf>> . Acesso em: 06 nov. 2007.
- VICTOR, P. A. Review of Eric Neumayer's book: Weak versus strong sustainability, 2<sup>nd</sup> edition, Edward Elgar Publishing, ISBN: 184064060, 2003. 256 p. **Ecological Economics**, v. 52, n. 1, p. 127-128, jan. 2005.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. Philadelphia, PA: New Society Publishers, 1996. 160 p.
- WCED, World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1987. 383 p.
- WWF, World Wildlife Fund. **Living Planet Report 2006**. World Wildlife Fund International, Institute of Zoology and Global Footprint Network. 44 p. Disponível em: <[http://www.panda.org/news\\_facts/publications/living\\_planet\\_report/index.cfm](http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm)> . Acesso em: 12 nov. 2007.