

Os limites da Pegada Ecológica

The limits of the Ecological Footprint

Alexandre MADURO-ABREU*
Daniel Trento NASCIMENTO*
Luciana Oliveira Rosa MACHADO**
Helena Araujo COSTA***

RESUMO

O objetivo deste artigo foi o de analisar a metodologia da pegada ecológica. Para tanto, foi realizada uma revisão teórica sobre o tema e aplicados modelos lineares simples de regressão a fim de identificar, individualmente, o grau de associação e explicação das variáveis independentes (renda, eficiência, uso de recursos e densidade populacional) em relação à variável dependente pegada ecológica. A principal conclusão foi que a pegada ecológica *per capita* é diretamente proporcional à renda *per capita* e que a renda é o principal componente do indicador, respondendo por 74% da sua composição.

Palavras-chave: pegada ecológica; indicadores de desenvolvimento sustentável; políticas públicas.

ABSTRACT

The purpose of this article is to analyze the ecological footprint methodology. For such, it includes a theoretical review of the theme, while simple linear regression models were employed to identify the degree of association and to explain each independent variable (income, efficiency, use of resources, and population density) in their relationship with the ecological footprint as a dependent variable. The main conclusion was that the per capita footprint is directly proportional to the per capita income. In this sense, income is the main indicator component, accounting for 74% of its composition.

Key words: Ecological Footprint; Sustainable Development Indicators; Public Policies.

Apresentação

A preocupação com indicadores de desenvolvimento sustentável tem crescido muito nos últimos anos, sendo inclusive objeto de sugestão do Relatório Brundtland e da

Agenda 21 Brasileira (2000). Tais documentos chamaram a atenção mundial para a necessidade de se criar novas maneiras de medir o desenvolvimento sustentável, resultando em diversas iniciativas de organizações não-governamentais, consultorias, academia e governos (MEADOWS, 1998; IISD, 2004).

* Doutorandos em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS-UnB. Contatos: alexmaduro@ig.com.br; danieltn@gmail.com.

** Doutoranda em Política e Gestão Ambiental pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS-UnB e analista ambiental do Ministério do Meio Ambiente - MMA. Contato: luciana.machado@mma.gov.br.

*** Doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS-UnB. Contato: helenacosta@unb.br.

Existe na literatura uma grande variedade de metodologias que se propõem a acompanhar e relatar o desenvolvimento sustentável (HARDI; ZDAN, 1997; BOSSEL, 1999; BARRET; SCOTT, 2001; SPANGENBERGER *et al.*, 2002; VEIGA, 2006). Mundialmente, aquelas mais expressivas são a pegada ecológica, o barômetro de sustentabilidade e o painel de sustentabilidade (VAN BELLEN, 2003; 2006).

Considerando a pegada ecológica ser amplamente comentada (CONSTANZA, 2000; OPSCHOOR, 2000), levando a crer que seja a mais referenciada e a mais lembrada das metodologias, e que muitas conclusões vêm sendo tomadas em função de seus resultados, este trabalho se propõe a problematizar o que a pegada ecológica realmente mede. A fim de analisar a metodologia e contribuição da pegada ecológica para a tomada de decisão em políticas públicas voltadas para a sustentabilidade como padrão de desenvolvimento, foram empregadas técnicas estatísticas inferenciais utilizando medidas de correlação sobre a base de dados disponibilizada pela Universidade de Columbia¹. Esta base é formada por variáveis e indicadores socio-econômicos, ambientais e de sustentabilidade, incluindo a pegada ecológica dos principais países do planeta.

De forma a atingir seu objetivo, o trabalho está estruturado como segue: o tópico de referencial teórico traz um panorama sobre indicadores de desenvolvimento sustentável; o segundo apresenta os conceitos, a metodologia e as especificidades da pegada; já o terceiro aponta vantagens e desvantagens desse indicador. Então, é apresentada a análise estatística acerca da pegada ecológica, seguida pelas considerações finais.

Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: uma visão geral

O Desenvolvimento sustentável pode ser refletido por uma variedade de fatores sociais, econômicos e ambientais interconectados e com dimensões temporais de longo prazo. Por ser um processo dinâmico em que as metas necessitam de constante revisão, o monitoramento é essencial (CALLENS; TYTECA, 1998). Para viabilizar esse monitoramento, faz-se necessário o estabelecimento de indicadores, que são representações da realidade e que permitem monitorar

a evolução e o estado das ações (CGEE, 2006). Assim, indicadores são entendidos como medidas quantitativas e qualitativas do estado de algo que, por agregar dados, contribuem para simplificar as informações para avaliar tendências, comparar lugares e disponibilizar informações (HARDI; ZDAN, 1997; BOSSEL, 1999; VAN BELLEN, 2006).

Embora representem uma realidade de maneira técnica e sirvam de base para orientar políticas, os indicadores carregam em si uma grande parcela de subjetividade e certa carga ideológica. Conforme aponta Meadows (1998), eles surgem de valores das pessoas, ao mesmo tempo em que criam novos valores, por meio de suas medidas.

Para Veiga (2006), a natureza multidimensional do desenvolvimento sempre impõe limitações a exercícios de resumir e medir com indicadores teóricos, o que faz com que tais exercícios tenham apenas valor simbólico e comunicativo. Na definição de indicadores, podem acontecer ainda alguns enganos, como agregação de dados, medição do que é possível em lugar do que é importante, apoio em falsas pressuposições, excesso de confiança e incompletude. A primeira delas refere-se à gama de atores sociais – e suas respectivas visões de mundo – e de ambientes envolvidos. Há também o fato de o horizonte temporal ser distante ou infinito, ou ainda a falta de dados confiáveis (HARDI; DESOUSA-HULETEY, 2000).

Na tentativa de minimizar esses problemas, Bossel (1999) indica alguns requisitos que devem ser cumpridos para que se tenha um bom indicador de desenvolvimento sustentável: ser aplicável para guiar políticas públicas em diversos âmbitos (internacional, nacional, regional, local); representar aspectos importantes e que se relacionam entre si, numa compreensão sistêmica; ser, ao mesmo tempo, simples e completo, e elaborado a partir da participação de outros atores sociais; e, finalmente, oferecer uma visão dos caminhos que estão sendo trilhados e das alternativas existentes.

Existe na literatura uma grande variedade de metodologias que se propõem a acompanhar e relatar o desenvolvimento sustentável (HARDI; ZDAN, 1997; BOSSEL, 1999; BARRET; SCOTT, 2001; SPANGENBERGER *et al.*, 2002; VEIGA, 2006), além de outros incontáveis indicadores isolados que não fazem parte de sistemas de monitoramento².

¹ Socioeconomic Data and Applications Center/ Compendium of Environmental Sustainability Indicator Collections.

² Para aprofundamentos, verificar o trabalho de Van Bellen (2006), que levantou 18 metodologias de indicadores de sustentabilidade, representados por índices agregados, sistemas de indicadores ou indicadores isolados.

Autores como Parris e Kates (2003) lembram que, até o momento, não existe um indicador de sustentabilidade universalmente aceito, com uma boa teoria, rigorosa coleta e análise de dados e com forte influência para as políticas públicas. Isso ocorre devido a três motivos principais: (a) ambiguidade do propósito de caracterização e medição do desenvolvimento sustentável; (b) pluralidade do propósito de caracterização e medição do desenvolvimento sustentável; e (c) certa confusão na sua terminologia, dados e formas de medição. Ainda assim, os autores afirmam que muito do trabalho em medir desenvolvimento sustentável tem sido motivado pelo desejo de encontrar um novo indicador universal de progresso como o IDH ou o PIB. Para Parris e Kates (2003), não será tão cedo que uma alternativa a eles aparecerá, pois antes é preciso resolver as zonas cinzentas relacionadas como a própria noção de desenvolvimento sustentável.

Meadows (1998), por sua vez, propõe que indicadores de desenvolvimento sustentável sejam construídos a partir do Triângulo de Daly, que trata de diversos tipos de capital: natural, industrial, construído, humano e social. Segundo a autora, além da medida de estados atuais, é preciso que sejam mensuradas também taxas de mudanças e fluxos. Nesse sentido, e a partir de uma listagem de dezenas de indicadores sociais, econômicos e ambientais, a autora prioriza alguns deles, dentre os quais a pegada ecológica aparece com destaque.

A pegada ecológica: aplicação e metodologia

A pegada ecológica ou *Ecological Footprint Method (EF)* é uma ferramenta de avaliação, proposta por Wackernagel e Rees (1997), que representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade. Trata-se de um instrumento que contabiliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-os em área correspondente de terra ou água existentes na natureza para sustentar esse sistema (VAN BELLEN, 2006). A medida da pegada determina a exigência humana sobre a natureza no que diz respeito à área terrestre e aquática, biologicamente produtiva, necessária para a disponibilização de recursos ecológicos e serviços – alimentos, fibras, madeira, terreno para construção e terrenos para a absorção do dióxido de carbono (CO₂) emitido pela combustão de combustíveis fósseis (WWF, 2006).

A pegada ecológica foi adotada para aferir o estado do planeta (VENETOULIS *et al.*, 2004; WWF, 2006), difundindo o método e dando a ele um status diferenciado frente a outras alternativas de medição. No ano de 2006, o relatório elaborado pelo WWF anunciou que a população da terra consome recursos em um nível 25% mais alto do que sua capacidade de renovação e que o impacto da humanidade sobre o planeta quase quadruplicou entre 1961 e 2003 (Figura 1), enquanto a população duplicou (WWF, 2006). Essa é a leitura que o indicador de pegada ecológica propicia, visto que varia em função da densidade populacional, do consumo médio por pessoa e da eficiência da utilização dos recursos.

A pegada ecológica foi aplicada em diferentes contextos, como pôde ser visto em estudos referentes ao consumo de água potável para 121 cidades nos EUA (JENERETTE *et al.*, 2006); aos voos de longa distância para realização de ecoturismo no mundo (HUNTER; SHAW, 2006); às empresas de Liverpool (BARRET; SCOTT, 2001); e mesmo em artigos teóricos que a exaltam como uma medida poderosa para guiar decisões, identificar desafios e guiar políticas rumo à sustentabilidade (WACKERNAGEL *et al.*, 2006; GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2006b).

O princípio fundamental presente na pegada ecológica é o conceito de *capacidade de suporte* ou *capacidade de carga* do ambiente. Usualmente, capacidade de carga refere-se ao tamanho máximo estável de uma população, determinado pela quantidade de recursos disponíveis e pela demanda mínima individual (MCT/CNPq, 1997). Em outras palavras, é o tamanho de população que pode ser suportado indefinidamente por um habitat. Entretanto, para efeito de cálculo da pegada, Wackernagel e Rees (1997) utilizam o conceito às avessas – habitat necessário para manter uma dada população – ao que denominam “capacidade de carga apropriada” (*appropriated carrying capacity*). Segundo os autores, essa inversão transmite mais claramente a ideia da pegada como área fisicamente ocupada por uma dada economia.

Invertido ou não, o fato é que esse tamanho máximo pode variar de acordo com o desenvolvimento de novas tecnologias, que podem ser mais ou menos consumidoras de recursos, ou pela substituição de determinados bens naturais por equivalentes sintéticos ou artificiais. Van Bellen (2003) destaca que o tamanho da área requerida depende ainda das receitas financeiras, dos valores predominantes dentro do sistema e de outros fatores culturais. Daí se dizer que a

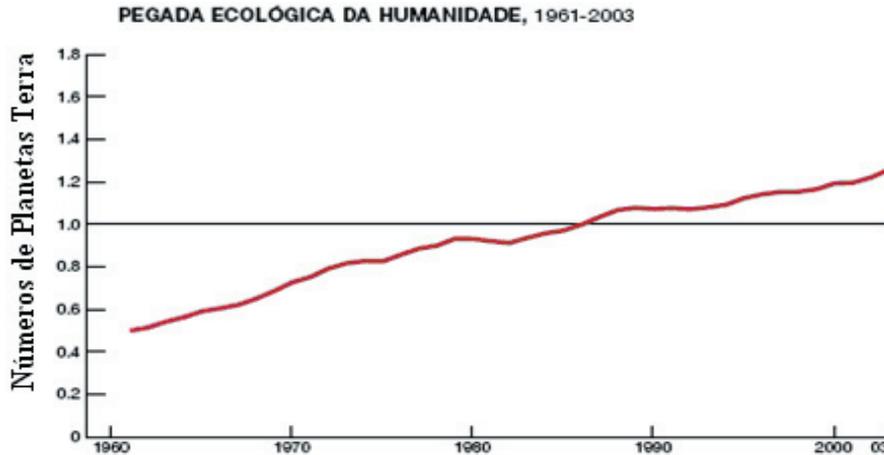


FIGURA 1 – A PEGADA ECOLÓGICA DA HUMANIDADE ENTRE 1961 E 2003. FONTE: WWF.

carga imposta pelas populações não é decorrente apenas de seu tamanho, mas da distribuição *per capita* do consumo dessa população.

A pegada ecológica está baseada na ideia de que para cada item de matéria ou energia consumida pela sociedade existe certa área de terra ou de água, em um ou mais ecossistemas, que é necessária para fornecer o fluxo desses recursos e absorver seus resíduos (VAN BELLEN, 2006). Portanto, é expressa em termos de área (hectares), sendo que cada hectare corresponde ao espaço biologicamente produtivo de cada país em relação à produtividade média mundial. Esse espaço é calculado tendo como base os seguintes pressupostos:

- É possível seguir as pegadas de grande parte dos recursos que as pessoas consomem e dos resíduos que elas produzem, já que muitas dessas informações fazem parte das estatísticas oficiais;
- Esses fluxos de recursos e energia podem ser convertidos em áreas biologicamente produtivas necessárias para a sua manutenção;
- Essas áreas podem ser expressas numa mesma unidade (hectare), que pode ser traduzida em produtividade de biomassa;
- Uma vez que essas áreas suportam usos exclusivos e que cada hectare representa a mesma quantidade

de produtividade de biomassa (ou ecológica), elas podem ser somadas e o total representa a demanda humana;

- A área que representa a demanda humana total pode ser comparada com os serviços ecológicos prestados pela natureza.

O cálculo da pegada ecológica incorpora as receitas mais relevantes, determinadas por valores culturais, tecnologia e elementos econômicos de uma dada área. Contudo, como não é possível estimar a demanda para todos os bens de consumo e serviços, os cálculos se restringem apenas às categorias mais importantes e a alguns itens individuais, quais sejam: alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços. Algumas dessas categorias incluem tanto o consumo de bens primários (vegetais consumidos *in natura*, madeira, leite etc.), como de produtos manufaturados, derivados dos primeiros (papel, queijo etc.). Os dados utilizados nesses cálculos são provenientes de estatísticas oficiais, organizações não-governamentais, agências das Nações Unidas e Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas e de outras fontes. Em detalhes, eis as principais categorias incorporadas pelo indicador:

- *Alimentação*: Inclui a criação de animais, a captura de peixes e as diversas culturas vegetais. Também

contabiliza a energia necessária para processar e transportar esses alimentos ou produtos.

- *Habituação*: Relaciona-se ao número de pessoas que consomem energia em uma dada residência. Assim, aumentar o tamanho de uma casa significa dividir o consumo de energia dessa casa por um número maior de pessoas, reduzindo a sua pegada. Isso não quer dizer que o aumento de população se constitui em estratégia efetiva para reduzir o consumo de energia. Pelo contrário, o aumento populacional é tido com um dos fatores de aumento da pegada ecológica.
- *Bens e serviços*: São exemplos de bens contabilizados pela pegada ecológica ferramentas, vestimentas, eletroeletrônicos, equipamentos esportivos e de comunicação, brinquedos, eletrodomésticos e produtos de limpeza. Os serviços que entram no cálculo referem-se à distribuição de água e esgoto, coleta de lixo, telecomunicações, educação, assistência médica, atendimento financeiro, lazer e recreação, turismo, forças armadas, entre outros serviços governamentais.
- *Transporte*: Vai desde deslocamentos a pé e de bicicleta até o uso de trens e aviões. No cálculo da pegada do transporte entram também o espaço para a implantação de infraestrutura rodoviária,

energia e recursos para a construção da base estrutural, fabricação e operação de veículos.

Trabalhos mais recentes sobre a pegada ecológica têm utilizado categorias de território ou áreas definidas, e não mais categorias de consumo. São elas: território de biodiversidade, território construído, território de energia, território bioprodutivo³ (terrestre e marítimo) (WWF, 2006). Embora aparentemente distintas, essas duas classificações se distinguem, na verdade, por um único aspecto, que é a incorporação da área marítima para calcular a área apropriada.

Estimar a área da pegada ecológica de uma população é um processo que se desenvolve em vários estágios:

1º – Calcular a média anual de consumo de itens particulares de dados agregados nacionais ou regionais, dividindo o consumo pelo tamanho da população (Quadro 1);

2º – Determinar, ou estimar, a área apropriada *per capita* para a produção de cada um dos principais itens de consumo, dividindo-se o consumo anual *per capita* (kg/*capita*) pela produtividade média anual (kg/ha);

3º – Calcular a área da pegada ecológica média por pessoa, que é a soma das áreas de ecossistema apropriadas por item de consumo de bens ou serviços;

4º – Finalmente, a área total apropriada é obtida pela multiplicação da área média apropriada pelo tamanho da população.

QUADRO 1 – CÁLCULO DA MÉDIA ANUAL DE CONSUMO DOS PAÍSES. FONTE: ADAPTADO DE WACKERNAGEL *et al.* (2002).

A média anual de consumo de cada nação é calculada pela soma do produto interno bruto, importações e exportações:

$$\text{Consumo} = \text{PIB} + (\text{Importações} - \text{Exportações})$$

Nesse balanço, são computadas 72 categorias de consumo, que são traduzidas em área dividindo-se a quantidade total consumida em cada uma delas pela sua produtividade ecológica:

$$\text{Consumo em hectares} = \text{quantidade total consumida} / \text{produtividade ecológica}$$

No caso das emissões de gás carbônico, o total é dividido pela capacidade de assimilação das florestas existentes em cada país. Assim, para uma tonelada de carne bovina exportada, a quantidade de cereais e energia requerida para a produção dessa tonelada de carne bovina é traduzida em uma área bioprodutiva correspondente e então subtraída das exportações do país de origem. Esse mesmo resultado é somado nas importações do país de destino.

³ Wackernagel *et al.* (2002) subdividem esses territórios em: áreas agrícolas para cultivo de alimentos, forrageiras, fibras, oleaginosas e borracha; pastagens para produção de carne, leite e lã; áreas florestais para extração de madeira, carvão e celulose; áreas de pesca e captura de peixes; áreas construídas, para acomodar infraestruturas de habitação, transporte e indústria; áreas de seqüestro de carbono ou de reposição de combustíveis fósseis.

A maior parte das estimativas utilizadas para o cálculo da pegada ecológica é baseada em médias de consumo nacionais e de produtividade da terra mundiais. Essa é uma padronização no procedimento para que se possa efetuar e facilitar os estudos de caso e comparações entre regiões e países (VAN BELLEN, 2006). Todavia, persistem esforços para empregar a medida em outros recortes territoriais, a exemplo de Furtado *et al.* (2007).

Principais contribuições e limitações da pegada ecológica

Como o método da pegada ecológica tem sido notadamente um dos instrumentos mais utilizados mundialmente, sendo um importante aliado para o estabelecimento de indicadores de desenvolvimento sustentável, é necessário identificar tanto suas contribuições quanto suas limitações.

Uma característica marcante do trabalho de Wackernagel e Rees (1997) é que ele ilustra o atual padrão de produção e consumo e sua relação insustentável com os recursos naturais. Assim, uma das principais contribuições do método é o seu valor pedagógico e sua capacidade de gerar discussões sobre os limites ecológicos, seja no ambiente acadêmico, seja com o público em geral em razão da facilidade de entendimento de seu resultado. Já Cidin e da Silva (2004) atestam o mérito analítico da pegada ecológica e seu valor de comunicação e ensinamento da sustentabilidade, em razão de sua crescente aplicação. Ainda, com base em um estudo feito pelo *Greater London Authority (GLA)*, em Londres, para verificar a pegada ecológica da cidade (GLA, 2003), é possível identificar algumas das contribuições e avanços do método:

- a) Boa ferramenta de visualização do uso da terra;
- b) Reconhece que existem limites biofísicos;
- c) Torna visíveis os desequilíbrios nas trocas ecológicas;
- d) Pode ser uma boa ferramenta para traçar cenários quanto ao uso de recursos e capacidade de carga, assim como consumo.

Rees (2000) apresenta o que ele considerou as maiores contribuições do método: (a) reconecta os seres humanos à terra dentro de uma abordagem sistêmica; (b) resgata a essência do pensamento de Odum (as cidades

grandes crescem sem perceber que são parasitas das áreas rurais, fornecedoras de alimentos e serviços ambientais); (c) ajuda a cristalizar a importância do capital natural para o desenvolvimento econômico; (d) reconhece a importância da 2.^a lei da termodinâmica aplicada à economia por Georgescu-Roegen.

Van Bellen (2002) afirma que uma das maiores vantagens da pegada ecológica é sua adequação às leis da física, principalmente à lei de balanço de massa, o que pode ser entendido com uma visão interdisciplinar dos problemas ambientais. O mesmo autor também coloca que a pegada ecológica é o indicador que apresenta maior campo de aplicação no mundo até o momento, em virtude de sua aplicação ser viável em várias esferas: global, continental, nacional, regional, local, organizacional e individual.

Por outro lado, os próprios formuladores da pegada ecológica (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2006a) reconhecem que o método apresenta algumas limitações, sendo uma das críticas mais recorrentes a de que esse instrumento concentra-se apenas na dimensão ecológica e avança pouco nas análises das dimensões social e econômica. Também os técnicos que trabalham com ela na publicação que a torna mais relevante mundialmente, o *Living Planet Report*, afirmam nas notas técnicas que a “pegada ecológica, como medida biofísica, não avalia as dimensões sociais e econômicas da sustentabilidade” (wwf, 2006, p.40).

Lenzen e Murray (2001) mostram limitações graves para o processo decisório tendo em vista a sustentabilidade quando apontam que países com um crédito no cálculo convencional da pegada ecológica – tais como Brasil, Indonésia, Austrália e Malásia – que apresentam altas taxas de desmatamento, mas que possuem uma grande população, acabam tendo suas realidades ocultadas e isso não contribui em nada para a formulação de políticas públicas em prol do desenvolvimento sustentável.

As mesmas críticas foram feitas nas propostas para recalcular os indicadores para a Austrália (LENZEN; MURRAY, 2001), Nova Zelândia (BICKNELL *et al.*, 1998), Benin, Butão, Costa Rica e Suécia (VAN VUUREN; SMEETS, 2000), bem como no trabalho de Van den Bergh e Verbruggen (1999). Dessa forma, considerando suas limitações nas dimensões social e econômica, pergunta-se: seria a pegada ecológica realmente uma medida de desenvolvimento sustentável?

Outro problema apontado pelos autores na metodologia da pegada ecológica é que qualquer delineamento de consumo requer juízo de valor e isso pode levar a

juízos errôneos em relação à apropriação da riqueza (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2006b). Um exemplo disso é o caso da Rússia, que tem a pegada ecológica maior que a Suíça ou a Áustria, mas esse cálculo não apresenta as causas dessa diferença. Uma avaliação mais criteriosa deveria considerar os fatores impactantes, a natureza e causa dos problemas, bem como as restrições políticas, econômicas e climáticas. Por fim, Lenzen e Murray (2001) são taxativos e afirmam que a pegada ecológica como ferramenta de planejamento de políticas públicas é “insustentável”. Outras críticas à pegada foram apresentadas também no GLA (2003) e são resumidas a seguir:

- a) Mostra a disparidade entre biocapacidade e demanda ecológica, mas não apresenta nenhuma alternativa para minimizar essa relação;
- b) Apenas lida com a questão ambiental da sustentabilidade e não avança nas questões sociais ou econômicas;
- c) Apresenta uma visão radical e que tem pouco apelo para o desenvolvimento de políticas;
- d) Falta transparência: os cálculos envolvidos são complexos e nem sempre bem explicados e disponíveis para análise;
- e) A intensidade e disponibilidade dos dados são dúbias. O uso de dados *proxy* gera questionamentos quanto a sua precisão nos resultados derivados;
- f) Não é um indicador dinâmico, pois dificilmente pode ser extrapolado para outros anos;
- g) Cada unidade de terra tem apenas uma função de acordo com a metodologia. Isso não condiz com a realidade no caso de florestas que sequestram carbono e ao mesmo tempo fornecem madeira;
- h) Em nível regional e local perde a precisão pela dificuldade de acesso a dados em comparação com as análises nacionais, principalmente no que diz respeito a dados de consumo regional que são difíceis de se obter.

Um dos trabalhos com críticas mais contundentes à pegada ecológica é o de Van den Bergh e Verbruggen (1999) que, em resumo, diz: a pegada não é uma ferramenta transparente, sua análise no nível regional leva a distorções pela excessiva agregação de valores, representa uso hipotético ao invés de uso real da terra, não faz distinção entre uso sustentável e uso insustentável, não reconhece as vantagens da concentração espacial e especialização. Os

mesmos autores entendem que sua aplicação é enviesada em relação ao comércio internacional ao ignorar princípios de economia e ciência política, o que poderia levar a uma interpretação equivocada e ao aumento da diferença entre ricos e pobres. Os autores criticam ainda o fato de a pegada ecológica comparar países grandes (em termos de economia ou área) e países pequenos, que em muitos casos é o mesmo que comparar cidades a continentes.

Yamamoto e Kitagawa (2005) elaboraram um amplo estudo sobre a base científica da sustentabilidade e uma de suas análises foi feita sobre a pegada ecológica. Segundo esses autores, as críticas mais frequentes ao método afirmam que seu cálculo é incompleto e que o conceito de capacidade de carga apresenta limitações. Afinal, os autores entendem que a disponibilidade de recursos renováveis pode ser aumentada e com a tecnologia o seu esgotamento pode ser adiado para o longo prazo e, numa sociedade de economia de mercado, a ideia de capacidade de carga para um país perde sentido devido ao fato de os recursos poderem ser importados. Ainda, de acordo com os mesmos autores, mais importante que determinar precisamente a capacidade de carga de cada país é determinar onde devemos nos concentrar e dedicar esforços para buscar uma economia e sociedade mais sustentáveis.

O trabalho de Yamamoto e Kitagawa (2005) aborda a pegada ecológica em conjunto com o IDH, o que leva a observações interessantes. Como pode ser visto na Figura 2, em uma ponta encontram-se os países com alta pegada ecológica e alto IDH, enquanto na outra ponta estão os países com baixa pegada e baixo IDH. Assim, esses dois grupos poderiam ser considerados insustentáveis. No meio, estão os países intermediários, tanto no IDH como na pegada, que poderiam ser considerados mais sustentáveis.

Porém, quando analisada com mais cautela, a figura mostra que, dentre os países aparentemente mais sustentáveis, em sua grande maioria, estão os países emergentes e que se encontram em um processo de transição muito rápido para o lado direito do gráfico, o que não garante a sustentabilidade no futuro, como é inerente à discussão sobre desenvolvimento sustentável. O relatório *Ecological Footprint of Nations* (WACKERNAGEL *et al.*, 2002) teve uma abordagem na mesma linha e seus autores afirmam que a pegada ecológica não pode responder a essas questões de sustentabilidade, mas sim tentar quantificar os desafios ecológicos e conflitos que a humanidade tem de resolver se quiser atingir a sustentabilidade global.

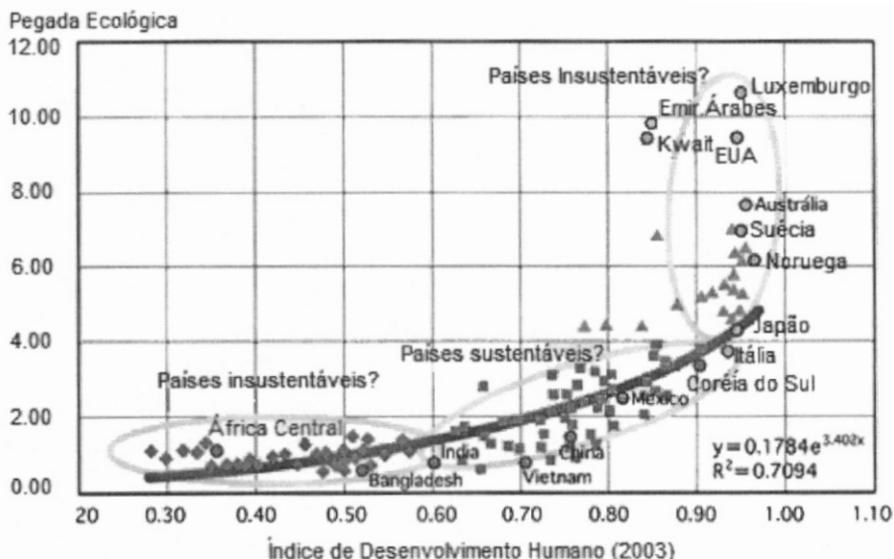


FIGURA 2 – RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANA (IDH) E A PEGADA ECOLÓGICA. FONTE: YAMAMOTO; KITAGAWA (2005).

Pegada ecológica: uma verificação estatística⁴

Diante do exposto, percebe-se um intenso debate e divergências sobre a aceitação e a aplicação da pegada ecológica. Um ponto relevante da discussão, e objeto deste trabalho, é verificar a medida e o grau de relacionamento do indicador com outras variáveis socioeconômicas e ambientais, de tal forma que se possa explicar o que a pegada realmente mede, ao compreender os fatores que mais influenciam a sua variação.

A pegada é reconhecida por seus idealizadores como medida de consumo hectare/*per capita* de recursos naturais de uma população. De um modo geral, na literatura encontram-se os valores desse indicador agregado em escala nacional, que será mantida para esta análise. Dessa maneira, optou-se por trabalhar, com o apoio do *software Statistical Package for the Social Sciences – SPSS*, com a base de dados do *Wellbeing of Nations*, que disponibiliza

462 variáveis (entre índices e indicadores social, político, ambiental e econômico) de 144 países.

Para início das análises foram selecionadas as variáveis: renda *per capita*; consumo de recursos naturais; eficiência energética e densidade populacional⁵. Essa escolha deu-se em razão de que são os fatores apontados por Wackernagel e Rees como de influência direta na variação da pegada. Foram adotados como pressupostos (1) que o consumo depende da variação da renda *per capita* da população; (2) que a utilização dos recursos naturais relaciona-se com a própria medida da pegada ecológica; (3) que a eficiência energética do país e a densidade demográfica influenciam o padrão de utilização dos recursos.

As variáveis em questão, incluindo-se a *pegada ecológica*, são assimétricas, o que deverá influenciar as análises, assim como infringir pressupostos estatísticos para tratamento multivariado. Desta forma, optou-se por algumas transformações, como apresentado na Tabela 1.

⁴ Para essa aplicação foi utilizada a base de dados do *Wellbeing of Nations*, disponível em: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/compendium.html>>. Acesso em outubro de 2006.

⁵ De acordo com o tutorial da base de dados, a variável renda *per capita* é resultado da razão entre Produto Interno Bruto e População do país. Eficiência Energética é o total de energia primária (petróleo, gás natural, hídrica, nuclear, geotérmica, solar, vento, biomassa e energia limpa) consumida por Produto Interno Bruto. O Índice de Utilização de Recursos é a média de utilização de energia e matéria por recursos (agricultura, pesca e floresta), e, finalmente, a densidade populacional é a razão entre a População e a Área do país.

TABELA 1 – TRANSFORMAÇÕES DAS VARIÁVEIS PARA ELABORAÇÃO DO MODELO ESTATÍSTICO.

Descrição (Código variável)	Escala* (valores)	Frequência absoluta	Simetria	Transformação	Nova variável (código)	Escala (valores)
<i>Pegada ecológica per capita</i> (EFPC)	0,50 a 9,57**	144	Positiva	Logaritmo	Log_foot	-0,69 à 2,26
Renda <i>per capita</i> (GDPPCO5)	R\$ 600,00 a R\$ 62.700,00	144	Positiva	Logaritmo	Log GPD percapita	6,40 à 11,25
Eficiência energética (ENEFFEP)	0 a 100	143	Positiva	Logaritmo	Log_Efi	
Densidade Populacional (POPDEN)	1,265 a 992,203	144	Positiva	Logaritmo	Log_den	0,24 à 6,40
Índice de Utilização de Recursos (RUI)***	9 a 88	144	-	-	RUI	

**Pegada ecológica*, Renda *per capita* e Densidade Demográfica aumentam proporcionalmente aos valores. Eficiência Energética e Índice de Utilização de Recursos variam de zero a dez. Para a primeira, zero corresponde à baixa eficiência (pior possível) e para a segunda, muita utilização de recursos (pior possível).

** Unidade de medida da variável é o espaço ecológico necessário para sustentar determinado sistema em função do seu consumo de recursos naturais

*** Média de utilização de energia e matéria por recursos (agricultura, pesca e floresta)

Para tratamento dos dados, foram elaborados inicialmente modelos lineares simples de regressão a fim de identificar, individualmente, o grau de associação e explicação das variáveis independentes (renda, eficiência, utilização de recursos e densidade) em relação à variável dependente *pegada ecológica*. A análise demonstrou que a variável com maior poder preditivo é a Renda *per capita*, que explica 74% da variação da *pegada ecológica per capita*, em seguida, o índice de Utilização de Recursos com 50,6% e a Eficiência Energética com 20,8%. A variável Densidade Demográfica apareceu com 2,8%, entretanto, o nível de significância esteve muito próximo ao aceitável.

A *pegada ecológica* demonstrou uma forte dependência da Renda e, por outro lado, a variação da densidade populacional dos países não a afetou significativamente. De imediato, a premissa apontada pelos autores do indicador a respeito da relação deste com a variação da densidade fica comprometida. Desse modo, decidiu-se excluir a densidade das próximas fases da análise.

Observando-se os coeficientes de determinação (20,8%, 74% e 50,6%) verifica-se a colinearidade entre as variáveis, passando-se à identificação da relação entre as co-variáveis e mensuração da associação entre elas (Tabelas 2, 3 e 4).

TABELA 2 – CORRELAÇÃO ENTRE LOG_EFI (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA) E ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS.

			Log_efi (eficiência energética)	Índice de Utilização dos Recursos
Variável Controle	Log_gdp_per capita (renda <i>per capita</i>)	Log_efi	Correlação	1,000
			Significância	-
			Grau de liberdade	0
	Utilização de Recursos		Correlação	-,115
			Significância	,174
			Grau de liberdade	140

TABELA 3 – CORRELAÇÃO ENTRE LOG_GDP_PERCAPITA (RENDA PER CAPITA) E ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS.

			Log_efi (eficiência energética)	Índice de Utilização dos Recursos	
Variável Controle	Log_efi (eficiência energética)	Log_gdp_per capita (renda per capita)	Correlação	1,000	-,721
			Significância	-	,000
			Grau de liberdade	0	140
		Índice de Utilização dos Recursos	Correlação	-,721	1,000
			Significância	,000	-
			Grau de liberdade	140	0

TABELA 4 – CORRELAÇÃO ENTRE LOG_GDP_PERCAPITA (RENDA PER CAPITA) E LOG-EFI (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA).

			Log_efi (eficiência energética)	Índice de Utilização dos Recursos	
Variável Controle	Índice de Utilização dos Recursos	Log_efi (eficiência energética)	Correlação	1,000	,212
			Significância	-	,011
			Grau de liberdade	0	140
		Log_gdp_per capita (renda per capita)	Correlação	,212	1,000
			Significância	,011	-
			Grau de liberdade	140	0

A variável Eficiência Energética não demonstrou relação com Índice de Utilização de Recursos e tem baixa associação com Renda. No entanto, entre Renda e Utilização de Recursos houve uma relação de forte associação, podendo-se estimar um coeficiente de determinação de 52%, onde a primeira explica a variação da segunda. Dessa forma, para evitar problemas de multicolinearidade entre covariáveis, o Índice de Utilização de Recursos não foi computado em seguida, pois grande parte de sua associação com a pegada ecológica é explicada pela Renda per capita.

Contudo, é necessário apontar que a pegada ecológica mantém maior dependência da variação da Renda per capita (74%) do que do Índice de Utilização de Recursos (50,6%) e este, por sua vez, apresenta menor dependência da Renda (52%) do que a pegada ecológica, provavelmente pelo fato de que o citado índice considere outras variáveis, como tecnologia, para aferir a sua medida.

A pretensão da pegada ecológica é demonstrar a quantidade de recursos naturais (hectare/per capita) consumidos por determinada renda⁶. Ora, a tecnologia é fator preponderante nesta relação, pois pode-se aumentar a renda e, conseqüentemente, a produtividade, diminuindo o uso de recursos. Por outro lado, quanto maior a pobreza (menor renda) menor a pegada ecológica, indicando baixo

consumo de recursos (atrelados à renda), esquecendo-se de que a pobreza também demanda consumo de recursos naturais.

Em continuidade a esta análise, foi vista a relação entre a Renda per capita, Eficiência Energética e *pegada ecológica*, conforme apresentado na Tabela 5. Para isso, decidiu-se pela técnica estatística de regressão linear multivariada. O método de estimação foi o procedimento *enter*, pois já se conhecia a covariável com maior capacidade preditiva. Ressalta-se que o modelo a seguir manteve-se coerente aos pressupostos da análise de regressão (linearidade, homocedasticidade, covariância nula, normalidade e colinearidade).

Apesar de o modelo apresentado na Tabela 5 ter um coeficiente de explicação maior (76,8%) que da estimativa utilizando apenas a variável renda (74%), demonstrada na Tabela 6, decidiu-se não utilizá-lo, pela perda de um grau de liberdade. A contribuição da variável eficiência energética, como era esperado, não agregou valor relevante ao modelo. Dessa forma, pode-se apresentar, finalmente, nas Tabelas 6, 7 e 8, o resultado do modelo linear simples e o diagnóstico estimado da relação entre a *pegada ecológica* e a renda per capita, além dos testes dos resíduos do modelo, nas Figuras 3A, 3B, 3C e 3D.

TABELA 5 – MODELO A^b.

		Coefficiente de determinação (R)	(R) ²	(R) ² Ajustado	Erro padrão da estimativa	Durbin-Watson
Modelo	1	,0877 ^a	,768	,765	,35784	1,311*
a. Preditores: (Constante), Log-efi (eficiência energética), log_gdp_per capita (renda per capita)						
b. Variável dependente: log_foot (pegada ecológica)						
* O teste indica covariância nula entre os resíduos do modelo						

TABELA 6 – MODELO B^b.

		Coefficiente de determinação (R)	(R) ²	(R) ² ajustado	Erro padrão da estimativa
Model	1	,0860 ^a	,740	,738	,37789
a. Preditores: (Constante), log_gdp_percapita (renda per capita)					
b. Variável dependente: log_foot (pegada ecológica)					

TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS (ANOVA)^b.

			Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado médio	F	Sig.
Modelo	1	Regressão	57,655	1	57,655	403,744	,000 ^a
		Resíduo	20,278	142	,143		
		Total	77,933	143			
a. Preditores: (Constante), log_gdp_percapita (renda per capita)							
b. Variável dependente: log_foot (pegada ecológica)							

TABELA 8 – COEFICIENTES^a.

		Coeficientes “Unstandardized”		Coeficientes “Unstandardized”	t	Sig.	
		B	Erro padrão	Beta			
Modelo	1	(Constante)	-3,838	,226		-17,005	,000
		Log_gdp_percapita (pegada ecológica)	,526	,026	,860	20,093	,000
a. Variável dependente: log_foot (pegada ecológica)							

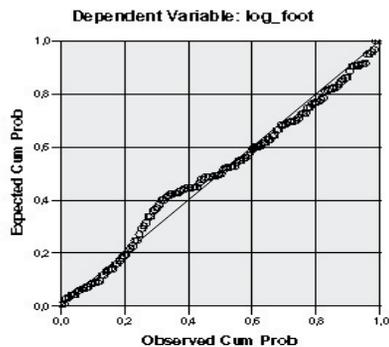
O modelo acima apresenta a relação linear entre a variável dependente (*pegada ecológica*) e a covariável (renda *per capita*). A reta de regressão extraída é: *pegada ecológica* = -3,88 + 0,526 (renda *per capita*), ou seja, com o aumento de uma unidade da Renda, a *pegada ecológica* aumenta em média 0,526 unidades (Tabela 8).

Ao contrário de alguns que criticaram o indicador afirmando ter um viés estritamente ambiental, nota-se sua dependência da renda *per capita* da população. Tal consumo medido pela pegada ecológica associa-se especialmente ao

que foi produzido no país (PIB) e que, conseqüentemente, gerou renda para consumir bens e serviços. Não se pode, como pretende a pegada, afirmar que a produção de tais bens e serviços demandaram uma certa quantidade de recursos naturais. Para isso, medidas de eficiência de produção, entre outras, deveriam influenciar o modelo acima, o que não foi o caso.

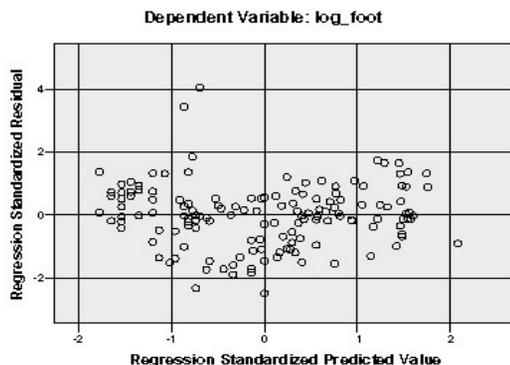
Como visto em tópicos anteriores deste texto, dois requisitos parecem ser unânimes, entre os diversos autores, para elaboração e aplicação de indicadores de

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



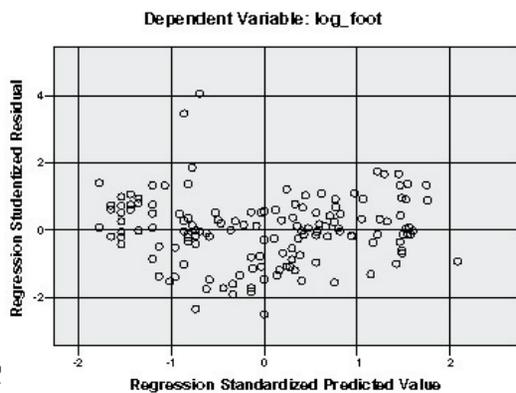
A

Scatterplot



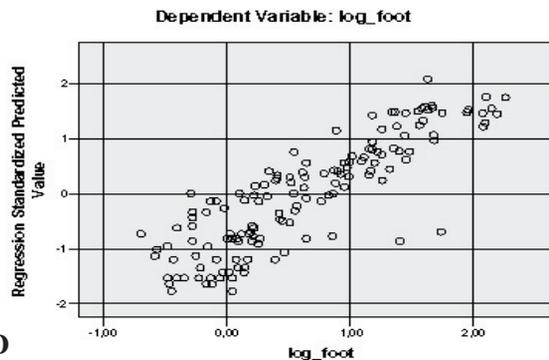
B

Scatterplot



C

Scatterplot



D

FIGURA 3 – VERIFICAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS DE LINEARIDADE E VARIÂNCIA DO MODELO A PARTIR DE TESTES DOS RESÍDUOS. FIGURA 3-A: REPRESENTAÇÃO DA RETA DE REGRESSÃO. FIGURA 3-B: LINEARIDADE DA EQUAÇÃO AJUSTADA (COM $Y = Z_{resid}$ E $X = Z_{pred}$). FIGURA 3-C: ANÁLISE DE VARIÂNCIA. FIGURA 3-D: LINEARIDADE DA EQUAÇÃO AJUSTADA (COM $Y = Z_{resid}$ E $X = \text{Dependent}$).

desenvolvimento sustentável: eles devem ser construídos de forma sistêmica e ser aplicáveis para guiar políticas públicas. Assim, a análise estatística aqui empreendida alerta para possibilidades de crítica à metodologia como indicador de sustentabilidade. Porém, se a variabilidade da pegada ecológica demonstra ser explicada principalmente a partir de uma variável que representa apenas uma dimensão de um sistema mais amplo, ou seja, a renda representando a esfera econômica, pode-se dizer da incompletude dela.

À luz da sustentabilidade, deve-se considerar, além da econômica e ambiental, as dimensões social, cultural, política e institucional (SACHS, 2000).

É um passo muito largo, tendo em vista o que a medida da pegada oferece, acatar o raciocínio de que países com baixa pegada são sustentáveis, a exemplo daquele com a mais baixa pegada do mundo ser o Afeganistão segundo o *Living Planet Report 2006* (WWF, 2006). Ou seja, não parece sensato elaborar políticas públicas a partir de uma medida

que aponta para as sociedades menos desenvolvidas um maior grau de sustentabilidade. Dessa forma, é contestável a medida que a pegada oferece, quando considerada unicamente, podendo levar a escolhas míopes pelos países que buscariam diminuir suas pegadas.

Considerações finais

A partir das análises estatísticas realizadas neste trabalho, fica nítida a força da dimensão econômica. Como visto a partir da análise dos dados aqui empreendida, a pegada demonstra o que os economistas há muito identificaram: consumo *per capita* depende da renda *per capita*. Percebeu-se também que a pegada ecológica não traz a contribuição imaginada e muitas vezes a ela computada para a formulação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, dado seu caráter estático. Dessa forma, ela não cumpre parte essencial do que se espera de um indicador de sustentabilidade, como já dito por Meadows (1998), Bossel (1999) e outros. Afinal, os indicadores devem servir para responder à básica questão de diferentes tipos de intervenção: estamos indo rumo a um desenvolvimento mais sustentável?

A pegada não pode ser trabalhada isoladamente como um indicador universal, como almejado por vários e alertado do perigo por Parris e Kates (2003). Ela é uma ferramenta que associa diretamente o consumo de bens e serviços à utilização de recursos naturais, sem ponderação, suas análises não podem ser normativas sob o risco de cair em uma armadilha.

Isso posto, cabe perguntar: se uma baixa pegada ecológica é um objetivo a ser seguido, seria aconselhável abaixar a renda *per capita* para diminuir a pegada? Ainda, considerando que o IDH aumenta com a renda, abaixar a renda para diminuir o consumo seria sustentável?

Outra linha possível de alimentar o debate perpassa um dos exemplos trazidos pelo *Living Planet Report 2006* (WWF, 2006): apenas Cuba encontra-se com um alto IDH e uma baixa pegada, sendo o único país a preencher o quadrante do que mais se entende como sustentabilidade no relatório. Isso pode ser explicado, em linhas gerais, e segundo a abordagem aqui adotada, em razão da combinação entre alta prestação de serviços como educação e saúde e baixa renda, de onde decorre um baixo consumo em razão de uma regulação estatal que limita a possibilidade de consumo. Uma das leituras possíveis

dessa evidência poderia compreendê-la como limitação da liberdade que, segundo Sen (2000), é o oposto do que se entende por desenvolvimento. Afinal, para ele “a expansão da liberdade é vista [...] como o principal fim e o principal meio do desenvolvimento” (SEN, 2000, p.10).

A pegada ecológica demonstra ignorar pressupostos que ancoram as propostas de desenvolvimento sustentável, entre elas, apontando para a necessidade de se parar ou reduzir o crescimento econômico, negligenciando que o consumo de recursos deriva também de sociedades em condições de pobreza.

Além disso, a tecnologia é fator preponderante para a sustentabilidade de um país, pois pode propiciar padrões limpos de produção que elevarão a renda, sem necessariamente aumentar a utilização de recursos. Certamente, o consumo nas sociedades contemporâneas é insustentável, mas não podem ser mensurados eminentemente pela renda. Outras variáveis devem ser computadas de tal modo que ele possa ser qualificado, determinando diferentes padrões de consumo.

Podem ser apontadas também fragilidades quanto ao cálculo da pegada ecológica. Vários fatores inerentes ao cálculo são baseados em estimativas brutas e em números nem sempre aplicáveis a todos os países (o método apresenta um viés que é o estilo de vida dos países do hemisfério norte). Além disso, não contabiliza os múltiplos usos das áreas produtivas. Um outro fator limitante é que a pegada “recompensa” o aumento de produtividade das monoculturas, na medida em que lhes atribui altos valores de biocapacidade, sem levar em conta a perda de biodiversidade ou o uso intensivo que se faz de fertilizantes, que são altamente consumidores de energia, além de potenciais contaminantes de solos e águas. Entretanto, essas “externalidades” não são capturadas pela pegada ecológica.

Por fim, também foi possível compreender que a pegada ecológica tem sido utilizada além de seus limites teórico-metodológicos. Ela não demonstra, como querem seus defensores, a relação entre uso de recursos e capacidade biofísica do planeta, e não faz avançar no que diz respeito à compreensão dos fatores e interações que levam ao dado que ela indica. Assim, não é possível usá-la como subsídio para planejamento de políticas a exemplo do IDH (AYRES, 2000; MOFFATT, 2000). O que fica claro é que a pegada esconde diversos aspectos sob sua agregação, merecendo cuidadosa análise.

Como pode ser observado, existem fortes críticas e limitações em relação à pegada ecológica. No entanto, é importante reconhecer o caráter didático e a popularidade que o método atingiu, e isso, de certa forma, pode auxiliar na conscientização da população. Outra contribuição

importante é chamar atenção para a necessidade de se continuar buscando formas de medir a performance de países, estados, regiões e cidades rumo ao desenvolvimento sustentável.

Referências

- AGENDA 21 BRASILEIRA. *Bases para discussão*/por Washington Novaes (Coord.), Otto Ribas e Pedro da Costa Novaes. Brasília: MMA/PNUD, 2000.
- AYRES, R. U. Commentary on the utility of the ecological footprint concept. Commentary-Forum: The Ecological footprint. *Ecological Economics*, v. 32, p. 347-349, 2000.
- BARRET, J.; SCOTT, A. The Ecological footprint: A Metric for Corporate Sustainability. *Corporate Environmental Strategy*, v. 8, n.º 4, 2001.
- BICKNELL, K. B.; BALL, R. J.; CULLEN, R.; BIGSBY, H. R. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics*, v. 27, p. 149-160, 1998.
- BOSSSEL, H. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. A report to the Balaton Group. IISD (International Institute for Sustainable Development, Institut International du Développement Durable), 1999.
- CALLENS, I.; TYTECA, D. Towards indicators of sustainable development for firms: a productive efficiency perspective. *Ecological Economics*, v. 28, p. 41-53, 1998.
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Estudos temáticos e de futuro. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br>>. Acesso em: jun. 2006
- CIDIN, R. C. P.; DA SILVA, R. Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. *Estudos Geográficos*, v. 2, n.º 1, p. 43-52, 2004.
- COSTANZA, R. The dynamics of the ecological footprint concept. Commentary-Forum: The Ecological footprint. *Ecological Economics*, v. 32, p. 341-345, 2000.
- FURTADO, J. S.; JUNIOR, F. H.; HRDLICKA, H. Avanços e percalços no cálculo da pegada ecológica municipal: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE – ENGEMA, IX. Curitiba, Novembro, 2007. Disponível em: <<http://www.engema.unicenp.edu.br/arquivos/engema/pdf/PAP0409.pdf>>. Acesso em: dez. 2007.
- GLA (Greater London Authority). *London's Ecological footprint: a review*. June, 2003.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. *Ecological Footprint Standards 2006*. 2006a Disponível em: <<http://www.footprintstandards.org>>. Acesso em: nov. 2006.
- _____. *Ecological footprint: an overview*. 2006b. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org>>. Acesso em: nov. 2006.
- HARDI, P.; DESOUZA-HULETEY, J. A. Issues in analyzing data and indicators for sustainable development. *Ecological Modelling*, v. 130, p. 59-65, 2000.
- _____; ZDAN, T. *Assessing sustainable development: principles in practice*. Winnipeg: IISD, 1997.
- HUNTER, C.; SHAW, J. *Applying the ecological footprint to ecotourism scenarios*. Environmental Conservation, Foundation for Environmental Conservation, 2006.
- IISD – INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *National Strategies for Sustainable Development: Challenges, Approaches, and Innovations Based on a 19-country Analysis*. Canada, May 2004.
- JENERETTE, G. D.; MARUSSICH, W. A.; NEWELL, J. P. Linking ecological footprint with ecosystem valuation in the provisioning of urban freshwater. *Ecological Economics*, v. 59, n.º 9, p. 38-47, 2006.
- LENZEN, M.; MURRAY, S. A. A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics*, v. 37, p. 229-255, 2001.
- MCT/CNPq. *Glossário de Ecologia*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Publicação ACIESP nº 3, 1997. 352 p.

- MEADOWS, D. *Indicators and Information Systems for sustainable Development: a report to the Balaton Group*. September, 1998.
- MOFFATT, I. Ecological footprint and sustainable development. Commentary-Forum: The Ecological footprint. *Ecological Economics*, v. 32, p. 359-362, 2000.
- OPSCHOOR, H. The ecological footprint: measuring rod or metaphor? Commentary-Forum: The Ecological Footprint. *Ecological Economics*, v. 32, p. 363-365, 2000.
- PARRIS, T. M.; KATES, R. W. Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 28, p. 559-586, 2003.
- REES, W. E. Eco-footprint analysis: merits and brickbats. Commentary-Forum: The Ecological Footprint. *Ecological Economics*, v. 32, p. 371-374, 2000.
- SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.
- SEN, A. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Cia das Letras, 2000.
- SPANGENBERG, J.; PFAHL, S.; DELLER, K. Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators*, v. 2, n.º 1-2, p. 61-77, 2002.
- VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. CPGEP/UFSC, 250 p., 2002.
- _____. *Desenvolvimento Sustentável: Uma Descrição das Principais Ferramentas de Avaliação*. *Ambiente & Sociedade*, v. 6, n.º 1, 2003.
- _____. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: FGV. 2. ed. 2006. 253 p.
- VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; VERBRUGGEN, H. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics*, v. 29, p. 61-72, 1999.
- VAN VUUREN, D. P.; SMEETS, E. M. W. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. *Ecological Economics*, v. 34, n.º 234, p. 115-130, 2000.
- VEIGA, J. E. *Meio Ambiente e Desenvolvimento*. São Paulo: Editora SENAC SP. 2006. 180 p.
- VENETOULIS, J.; CHAZAN, D.; GAUDET, C. *2004 Footprint of Nations*. Sustainability Indicators Program, March, 2004. Disponível em: <<http://www.redefiningprogress.org>>. Acesso em: nov. 2006.
- WACKERNAGEL, M.; MONFREDA, C.; DEUMLING, D. *Ecological Footprint of Nations: how much nature do they use? How much nature do they have? November 2002 update*. Oakland: Redefining Progress, 2002. Disponível em: <<http://www.redefiningprogress.org>>. Acesso em: nov. 2006.
- WACKERNAGEL, M.; KITZES, J.; MORAN, D.; GOLD-FINGER, S.; THOMAS, M. The Ecological footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment & Urbanization*. International Institute for Environment and Development (IIED), v. 18, n.º 1, p. 103-112, 2006.
- _____; REES, W. E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics*, v. 20, p. 3-24, 1997.
- WWF. *Relatório do Planeta Vivo 2006*. Suíça: ZSL; Global Ecological Footprint Network. Novembro, 2006.
- YAMAMOTO, R.; KITAGAWA, M. *Research on the Scientific Basis for Sustainability*. Tokyo, 2005. Disponível em: <http://www.sos2006.jp/english/rsbs_summary_e/about-rsbs.html>. Acesso em: out. 2006.

Recebido em 18 de novembro de 2008.

Aceito em 9 de setembro de 2009.

Publicado em dezembro de 2009.