

Sobre a medição da componente ambiental do desenvolvimento: principais abordagens e indicadores¹

On the Measurement of the Environmental Component of Development: Main Approaches and Indicators

Sandrina Berthault MOREIRA*

RESUMO

Os indicadores ambientais são especialmente apelativos no estudo entre o desenvolvimento e essa dimensão constitutiva do fenómeno. Neste artigo, apresentamos duas categorias distintas de indicadores ambientais, demarcando-os de um leque de indicadores mais abrangentes – os indicadores de sustentabilidade. Por outro lado, discutimos com mais detalhe as três iniciativas que elegemos para um monitoramento regular do estado do ambiente (incluindo a sua sustentabilidade): (i) Necessidades Totais de Materiais; (ii) Capital Natural; (iii) Pegada Ecológica.

Palavras-chave: desenvolvimento; ambiente; medição; indicadores.

ABSTRACT

Environment indicators are especially appealing when studying development and that constituent dimension of the phenomenon. This paper presents two distinguishing categories of environment indicators, delimiting them from a much wider set of indicators – the sustainability indicators. On the other hand, we discuss in detail three initiatives selected for a constant monitoring of the state of the environment (including its sustainability): (i) Total Material Requirements; (ii) Natural Capital; (iii) Ecological Footprint.

Keywords: development; environment; measurement; indicators.

* Doutora em Economia (ISCTE-IUL, Portugal). Professora do Departamento de Economia e Gestão da Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal (ESCE-IPS). Investigadora no Grupo de Economia da Business Research Unit do Instituto Universitário de Lisboa (BRU-IUL). E-mail: sandrina.moreira@esce.ips.pt

¹ A autora gostaria de prestar um agradecimento especial ao seu orientador, o Doutor Nuno Crespo (Instituto Universitário de Lisboa, ISCTE-IUL e BRU-IUL); o presente artigo decorre da investigação conducente à realização da tese de Doutoramento em Economia da autora. A autora gostaria também de agradecer os comentários e sugestões dos participantes no colóquio internacional SUSTAIN-Ability goes SUSTAIN-Active: Dynamics between Environmental, Social and Economical Actions, Universidade Técnica de Lisboa (SOCIUS/ISEG-UTL), 3-5/abril/2012, no qual foi apresentada uma versão prévia do artigo. A autora agradece ainda o apoio da FCT/Fundação para a Ciência e Tecnologia – PROTEC; UNIDE/BRU (PEst-OE/EGE/UI0315/2011). Finalmente, um agradecimento aos revisores anónimos pelos valiosos comentários e sugestões.

1. Introdução

A medição do desenvolvimento e das dimensões que o constituem assume um caráter prioritário na avaliação do nível de desenvolvimento de países/regiões. A par da utilização, de forma sistemática, de indicadores como o rendimento real *per capita* e o Índice de Desenvolvimento Humano (HDI)² podemos também perspetivar uma leitura desagregada do desenvolvimento. De facto, a consideração de um leque alargado de indicadores de natureza mais específica é suscetível de fornecer, no seu conjunto, uma visão mais detalhada sobre as várias dimensões do desenvolvimento. Por outro lado, podemos igualmente dispor de medidas compósitas do desenvolvimento que agregam a informação fornecida por um conjunto mais restrito de indicadores representativos de uma visão multivariada do fenómeno. De forma desagregada e/ou compósita, o principal desafio no contexto da avaliação quantificada do desenvolvimento consiste em captar, de forma adequada, a natureza multidimensional do conceito patente nas concepções atuais de desenvolvimento local, humano e sustentável.

O ambiente é uma das dimensões cruciais do desenvolvimento. Ao ambiente tem-lhe sido dada uma importância decisiva no processo de desenvolvimento, nomeadamente no contexto da emergência do conceito de desenvolvimento sustentável. A medição da dimensão ambiental do desenvolvimento insere-se, portanto, no quadro mais amplo da medição da sustentabilidade. Nesse âmbito, o estado da arte mostra que, face à proliferação de medidas para a quantificação da sustentabilidade de países/regiões, “there is no single best indicator or index of sustainable development” (HIZSNYIK; TOTH, 2010, p. 53). Justifica-se, assim, a continuidade da pesquisa nesta área, seja no desenvolvimento de novas propostas de indicadores ou na avaliação dos indicadores já produzidos.

Por outro lado, o ambiente tem sido elevado a mais do que uma dimensão, a um conceito de desenvolvimento, pelo que a medição desse fenómeno fica dificultada e frequentemente se confunde com a da sustentabilidade.

Desafios claros à sustentabilidade ambiental, como sejam o esgotamento dos recursos naturais e a degradação ambiental, estão refletidos no conceito de desenvolvimento sustentável. No entanto, este conceito tem um caráter multidimensional e, portanto, extravasa a dimensão ambiental da sustentabilidade. A avaliação do nível dos recursos naturais disponíveis, a qual reflete também, naturalmente, a questão intergeracional a respeito dos ativos ambientais, materializa-se com indicadores ambientais “puros”.

A medição compósita ganha especial destaque na representação quantificada do universo ambiental, visando a uma aferição mais imediata – e, consequentemente, mais agregada e frequente – do fenómeno em análise. A sua ampla utilização tem conduzido a um forte debate em torno dos seus méritos e deméritos, com Saisana e Tarantola (2002), por exemplo, a salientarem os seguintes aspetos: (i) os indicadores compósitos podem emitir mensagens políticas erróneas, se forem mal interpretados ou construídos de forma inadequada; (ii) podem conduzir a decisões de política simplistas, ao proporcionarem a “grande imagem” de questões complexas; (iii) são inerentemente subjetivos, dado que há julgamentos que precisam de ser feitos em diferentes etapas do seu processo de construção (seleção dos indicadores, escolha das suas ponderações etc.); (iv) as etapas da escolha dos indicadores e suas ponderações podem ser alvo de disputa política; (v) são numéricos, i.e., de natureza quantitativa. Contudo, a sua profusa aplicação fundamenta-se, essencialmente, no facto de permitirem sintetizar, sem perda de informação, questões complexas ou multidimensionais, na medida em que representam medidas agregadas e relativamente simples de uma combinação de componentes de um fenómeno complexo.

O objetivo deste artigo consiste em identificar e discutir indicadores que possam mensurar a componente ambiental do desenvolvimento das nações. Para dar cumprimento ao objetivo traçado, começamos por salientar os indicadores de sustentabilidade de países/regiões mais recorrentes e que são, inevitavelmente, a referência quando se estuda o ambiente e o desenvolvimento (item 2). Segue-se a apresentação de indicadores

² A sigla indica a expressão em inglês, critério que adotaremos ao longo do texto produzido.

que revelam ser única e exclusivamente de natureza ambiental, organizados em duas abordagens de medição – das contas ambientais e da medição compósita (item 3). Por último, apresentamos em maior detalhe três principais indicadores ambientais com um caráter agregado, isto é, captando diferentes dimensões do fenômeno em análise – (i) Necessidades Totais de Materiais; (ii) Capital Natural; (iii) Pegada Ecológica (item 4). O item 5 apresenta algumas observações conclusivas.

2. Indicadores de sustentabilidade

Três iniciativas recentes de estudos de revisão da ampla literatura dedicada à medição da sustentabilidade são as seguintes: (i) Hizsnyik e Toth (2010); (ii) Stiglitz *et al.* (2009); (iii) Roseta-Palma e Meireles (2008). Hizsnyik e Toth (2010), por exemplo, classificam trabalhos de revisão e outros estudos que têm proliferado sobre o tema seguindo uma tipologia simples, destacando-se para o propósito deste artigo três principais categorias de classificação: (i) listas e subconjuntos de indicadores; (ii) as abordagens do capital e da contabilização; (iii) indicadores compósitos. Consideremos, de forma breve, cada uma delas, assinalando os indicadores mais referidos em cada caso.

A primeira abordagem na medição da sustentabilidade de países/regiões consiste numa sequência de indicadores que possam representar o estado atual e a evolução passada e futura de processos e características de sistemas sociais, econômicos e ambientais relacionados com preocupações de sustentabilidade. Esta abordagem compreende desde conjuntos não estruturados de indicadores (*stand-alone indicators*) até conjuntos de indicadores organizados por grupos temáticos (e.g. econômico, social, ambiental, institucional) ou níveis hierárquicos.

Um dos primeiros esforços na compilação de uma lista de indicadores de sustentabilidade remonta a 1996 e ao Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA). A última edição da Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CSD) – UNDESA (2007) – classifica indi-

cadores sobre a problemática em 14 temas e 44 subtemas. Temas transversais como pobreza e desastres naturais ilustram que a divisão inicial dos indicadores em quatro pilares do desenvolvimento sustentável (econômico, social, ambiental e institucional) deixa de ser explícita nessa terceira e última edição.

A segunda categoria acima referida insere-se no quadro das contas nacionais, com Hizsnyik e Toth (2010) a considerarem, por um lado, as abordagens do capital e, por outro, as abordagens da contabilização. No primeiro caso, a contabilidade econômica *mainstream* complementa os bens de capital produzidos e o capital financeiro com valores imputados dos *stocks* de capital natural, humano, social e institucional. Nesse âmbito, um volume de riqueza nacional (definido pela soma desses *stocks*) não decrescente é o critério central da sustentabilidade. No segundo caso, as contas satélites medindo determinados atributos ambientais servem o propósito da integração de preocupações de sustentabilidade nos sistemas econômicos tradicionais. O Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável (ISEW), o indicador de Poupança Genuína (GS) e o Rendimento Nacional Sustentável (SNI) são alguns dos indicadores assinalados pelos autores.

Finalmente, a abordagem da agregação num índice de preocupações sociais, econômicas e ambientais para a avaliação da sustentabilidade. Uma variedade de índices de desenvolvimento sustentável encontra-se disponível na literatura, com o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI), o Índice de Bem-Estar (WI), a Pegada Ecológica (EF) e o *Dashboard* de Sustentabilidade a serem as iniciativas mais salientadas pelos autores.

Stiglitz *et al.* (2009) e Roseta-Palma e Meireles (2008) também produzem tipologias de classificação da literatura sobre indicadores de sustentabilidade. No primeiro caso, utiliza-se uma tipologia que distingue entre *dashboards* ou conjuntos de indicadores, indicadores compósitos, medidas de ajustamento ao PIB e indicadores que se centram no sobreconsumo ou subinvestimento.³ No segundo, agrupam-se as iniciativas de medição agregada da sustentabilidade em indicadores monetários, monetários “híbridos”, ambientais e de qualidade de vida. As diferentes desagregações propostas deixam

³ Os autores salientam a heterogeneidade da última categoria de indicadores considerada, na medida em que inclui indicadores tão díspares quanto o EF e o GS.

claro que o processo de classificação das abordagens de medição do fenómeno (metodologias e indicadores subjacentes) é, por regra, subjetivo.

Uma análise comparada desses três estudos revela que os indicadores identificados em qualquer um deles para a avaliação da sustentabilidade das nações são, essencialmente, os seguintes: (i) o ISEW, cuja informação mais atualizada é disponibilizada pela *Friends of the Earth*; (ii) o GS, divulgado na publicação *World Development Indicators* do Banco Mundial; (iii) os índices da responsabilidade conjunta das Universidades de Yale (YCELP) e da Colômbia (CIESIN) – ESI e o seu sucessor, o Índice de Desempenho Ambiental (EPI);⁴ e (iv) o EF, calculado pela *Global Footprint Network*. Em síntese, ISEW, GS, ESI/EPI e EF constituem os exemplos mais recorrentes de medidas que possibilitam comparações em matéria de desenvolvimento sustentável no tempo e no espaço, embora cada um tenha os seus prós e contras.

3. Indicadores Ambientais

A via das contas ambientais

O Sistema de Contas Ambientais e Económicas Integrado (SEEA), desenvolvido pelas Nações Unidas, Comissão Europeia, Fundo Monetário Internacional, OCDE e Banco Mundial (UN *et al.*, 2003), alarga as contas nacionais tradicionais (SCN), complementando-as, de forma coerente, com contas ao nível ambiental e de recursos naturais. O sistema inclui quatro principais categorias de contas: (i) contas de fluxos físicos e híbridos – consideram o uso de materiais e energia como fatores de produção e de procura final, a produção de poluentes e resíduos sólidos e a produção e utilização de serviços ambientais; (ii) contas de proteção e gestão ambiental – reorganizam a informação já existente no SCN no que concerne a despesas incorridas pelo governo, empresas e famílias na proteção do ambiente e

na gestão de recursos, além de impostos ou subsídios relacionados com o ambiente e os recursos; (iii) contas de ativos físicos e monetários – registam o volume e o valor económico de ativos ambientais concentrando-se, essencialmente, nos *stocks* de recursos naturais e suas variações; (iv) agregados macroeconómicos ajustados ao ambiente – incluem a revisão de indicadores convencionais (monetários) e a produção de novos indicadores expressos em unidades físicas.

Dos vários indicadores que podem ser derivados das contas do SEEA, Lange (2007) agrupa-os em quatro categorias: (i) indicadores da componente NAMEA (matriz da contabilidade nacional incluindo contas ambientais) do SEEA; (ii) indicadores das contas de fluxos de materiais; (iii) medidas que corrigem indicadores macroeconómicos existentes; (iv) medidas que estimam novos agregados macroeconómicos hipotéticos. As duas primeiras categorias compreendem agregados físicos e os dois seguintes, agregados monetários. A Tabela 1 reúne aqueles que consideramos serem indicadores “puros”.⁵

TABELA 1 – PRINCIPAIS INDICADORES MACROECONÓMICOS AMBIENTAIS DERIVADOS DO SEEA

Indicadores do sistema NAMEA⁽¹⁾ desenvolvido na Holanda
- Emissões de GEE ⁽²⁾
- Acidificantes
- Eutrofizantes
- Resíduos sólidos
Indicadores associados com contas de fluxos de materiais
- Necessidades Totais de Materiais (TMR)
- <i>Input</i> Direto de Materiais (DMI)
- Acréscimos Líquidos aos <i>Stocks</i> (NAS)
- Emissões Totais de Materiais (TDO)
- Emissões Internas de Materiais (DPO)
Medidas que corrigem macroindicadores existentes
- Riqueza total e suas fontes principais (capital físico, natural, humano; valor e variação)

FONTE: Adaptado de Lange (2007).

⁽¹⁾ Matriz da contabilidade nacional incluindo contas ambientais.

⁽²⁾ Gases com efeito de estufa.

⁴ Atualmente, o EPI é o indicador produzido pela equipa de Yale e da Colômbia, em colaboração com o Fórum Económico Mundial (WEF) e o Joint Research Centre da Comissão Europeia. Como salientado, por exemplo, no Anexo D da publicação de 2008 do EPI, “between 1999 and 2005 the Yale and Columbia team published four Environmental Sustainability Index reports aimed at gauging countries’ overall progress towards ‘environmental sustainability’. Since then our focus has shifted to environmental performance, measuring the ability of countries to actively manage and protect their environmental systems and shield their citizens from harmful environmental pollution” (ESTY *et al.*, 2008, p. 4).

⁵ Os restantes são medidas referidas em Lange (2007) que, embora enfatizando a componente ambiental, servem o propósito de medir ou monitorizar mais adequadamente o bem-estar ou a possibilidade de sustentar no futuro os valores económicos atuais.

Como se observa na Tabela 1, a primeira fonte de indicadores macroeconômicos expressos em unidades físicas (volume) proporciona indicadores desagregados por principais temas ambientais, como sejam as alterações climáticas, a acidificação da atmosfera, a eutrofização e os resíduos sólidos. A segunda oferece diversos macroindicadores físicos, entre os quais um indicador que, ao contrário do sistema NAMEA, agrega todo o uso de material numa economia – TMR. O último indicador ambiental apresentado na Tabela 1 consiste na estimativa do capital natural numa abordagem assente na riqueza e sua composição.

A via dos indicadores compostos

A proliferação de índices de sustentabilidade como os referenciados em vários *surveys*, de que Böhringer e Jochemc (2007) e Singh *et al.* (2009) são exemplos representativos, verifica-se sobretudo durante a década de 1990. Contudo, as iniciativas de medição composta que se concentram exclusivamente na componente ambiental são substancialmente menores.⁶ Por outro lado, pela análise das dimensões captadas em alguns dos índices

referenciados nesses estudos de revisão da problemática, verificamos que indicadores cuja designação indicia serem puramente ambientais, efetivamente, não o são. O índice de sustentabilidade ambiental (ESI) e o seu sucessor (o índice de desempenho ambiental, EPI) são exemplos paradigmáticos da situação referida.⁷ Ambos são uma referência na medição composta da sustentabilidade (como assinalado no item 2) e, ao contrário do que a designação dos índices possa sugerir, não estão apenas centrados nesta dimensão específica do desenvolvimento sustentável, embora enfatizando a componente ambiental da sustentabilidade. A Tabela 2 expõe, por ordem cronológica inversa, os macroindicadores de sustentabilidade assinalados em estudos de revisão da problemática e que revelaram ser, única e exclusivamente, de natureza ambiental, bem como as dimensões cobertas por cada um deles tomando por suporte a nomenclatura ambiental proposta pela UNDESA (2007).⁸

A lista apresentada na Tabela 2 ilustra a diversidade das iniciativas propostas, designadamente quanto à sua abrangência dimensional do fenómeno.

Em primeiro lugar, assinalamos os indicadores que captam uma dimensão específica da estrutura conceptual considerada, ou seja, três indicadores sobre a dimensão

TABELA 2 – MEDIÇÃO COMPÓSITA DO AMBIENTE E SUBDIMENSÕES COBERTAS

Autor/Organização	Índices Ambientais	Dimensões Ambientais			
		Atmos-fera	Água	Solos	Natureza e biodiversidade
Burck e Bals (2009)	Climate Change Performance Index (CCPI)	X			
Ewing <i>et al.</i> (2009)	Ecological Footprint (EF)	X	X	X	
Hails <i>et al.</i> (2008)	Living Planet Index (LPI)				X
ten Brink (2000, 2007)	Natural Capital Index (NCI)				X
Jha e Murthy (2006)	Environmental Degradation Index (EDI)	X	X	X	
Esty <i>et al.</i> (2002)	2002 Pilot Environmental Performance Index (EPI)	X	X	X	X
Jones <i>et al.</i> (2002)	Index of Environmental Indicators (IEI)	X	X	X	X
CBD (2001)	National Biodiversity Index (NBI)				X
Puolamaa <i>et al.</i> (1996)	Index of Environmental Friendliness (IEF)	X	X	X	X
Adriaanse (1993)	Environmental Policy Performance Index (EPPI)	X	X	X	

FONTE: Elaboração própria com base na informação disponível nas referências bibliográficas assinaladas na tabela.

⁶ Tal situação não surpreende, dada a relativização desta componente e o subsequente alargamento do espectro conceptual que o desenvolvimento sustentável conheceu na última década.

⁷ Outros exemplos aplicáveis a países/regiões são o índice proposto por Parker (1991) para medir preocupações da opinião pública em geral sobre determinados problemas ambientais e o índice de vulnerabilidade ambiental (EVI) da SOPAC (2005).

⁸ Os estudos considerados foram os seguintes: (i) Böhringer e Jochemc (2007); (ii) Goossens *et al.* (2007); (iii) Bandura (2008); (iv) Mayer (2008); (v); Saisana (2008); (vi) Singh *et al.* (2009).

da Natureza e biodiversidade (LPI, NCI e NBI) e um indicador exclusivamente centrado na avaliação do desempenho dos países na luta contra as mudanças climáticas (CCPI). O LPI – divulgado no relatório bienal da World Wide Fund For Nature (WWF) – reflete a saúde dos ecossistemas do planeta, ao passo que as duas outras iniciativas na área (NCI e NBI) foram pontualmente criadas como uma contribuição para a implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD). Além do LPI, também o CCPI é objeto de publicação periódica regular.

Seguem-se três indicadores relativamente abrangentes em termos do número de dimensões considerado (com três das quatro dimensões captadas) – EF, EDI e EPPI. Em contraposição ao EF – calculado anual e internacionalmente pela Global Footprint Network –, a construção do EDI teve em vista a estimação de uma curva ambiental de Kuznets global e o EPPI foi aplicado na Holanda para avaliar a tendência da pressão ambiental total no país.

Três últimos indicadores surgem nessa tabela abrangendo todas as dimensões consideradas – 2002 Pilot EPI, IEI e IEF. A primeira proposta – que conjuntamente com trabalhos posteriores confluíram no EPI (acima referido) – mede os resultados ambientais de 23 países ao nível da qualidade do ar e da água e da proteção climática e da terra (incluindo áreas protegidas). Por sua vez, o IEI de 2002 avalia as melhorias ou deteriorações face ao ano de 1980 na qualidade ambiental de cinco países – Canadá, EUA, México, Reino Unido e Coreia do Sul. As áreas de preocupação ambiental avaliadas incluem a qualidade do ar e da água, o uso de recursos naturais (incluindo o *replanting*) e a gestão de resíduos sólidos. A última edição da publicação que habitualmente divulga o índice é datada de 2004 e intitulada de *Environmental Indicators*. Finalmente, o estudo metodológico promovido por Puolamaa *et al.* (1996) não resultou na aplicação do índice proposto (IEF) ao país em foco (Finlândia). Salienta-se, porém, a proposta de avaliação de problemas ambientais por peritos, incluindo o efeito estufa, a destruição da camada de ozono, a acidificação, a eutrofização, o esgotamento dos recursos, a biodiversidade (entre outros).

4. Três indicadores ambientais agregados

Necessidades Totais de Materiais (TMR)

A identidade contabilística para a economia é o princípio de base para o cálculo do indicador mais referido na literatura sobre os fluxos de materiais – o TMR. A mesma é estabelecida no pressuposto de que tudo o que entra num dado sistema (*input*) mais cedo ou mais tarde acaba por sair (*output*), ou seja, que um qualquer processo físico está impossibilitado de criar ou destruir matéria (EUROSTAT, 2001; OECD, 2008a). Matematicamente temos:

$$\text{Extração de recursos} + \text{Importações} = \text{Produção de resíduos} + \text{Exportações} + \text{Acumulação de materiais produzidos pelo homem} \quad (1)$$

Assim, a principal componente do lado dos *inputs* compreende o conjunto de materiais (com origem interna e importados) que são extraídos do ambiente e entram fisicamente no sistema económico para produção ou consumo direto. Biomassa, minerais, combustíveis fósseis, entre outros materiais/recursos são, globalmente, denominados por Input Direto de Materiais (DMI) e calculados da seguinte forma:

$$\text{DMI} = \text{Extração interna de recursos} + \text{Importações} \quad (2)$$

A outra componente do lado dos *inputs* é, globalmente, denominada fluxos escondidos, compreendendo os materiais associados à extração (interna ou importados) que acabam por não entrar na economia para utilização no processo produtivo ou consumo final, como sejam os resíduos ou os materiais escavados, com claros efeitos ambientais. Os fluxos escondidos são adicionados ao DMI para o cálculo das Necessidades Totais de Materiais (TMR), ou seja:

$$\text{TMR} = \text{DMI} + \text{Fluxos escondidos} \quad (3)$$

Finalmente, do lado dos *outputs*, duas componentes principais se apresentam na igualdade expressa em (1). Por um lado, alguns dos materiais são acumulados na economia sob a forma de edifícios e outras infraestruturas, além de bens duradouros e semiduradouros, como veículos e maquinaria industrial. Esses materiais

adicionam-se ao *stock* de capital físico da economia e, mais cedo ou mais tarde, são libertados para o ambiente (poluentes e resíduos). Por outro lado, os materiais usados nas atividades de produção e de consumo acabam por deixar a economia sob a forma de um *output*, seja para o ambiente (emissões para a atmosfera, emissões para a água, resíduos para o solo, fluxos dissipáveis, entre outros), seja para o resto do mundo (exportações).

O TMR é o indicador macro físico mais conhecido na avaliação de fluxos de materiais. Retomando (3), ele mede toda a base material da economia, ou seja, os requisitos totais de materiais associados à atividade econômica. Na medida em que considera todos os tipos de fluxos de materiais que são extraídos (fluxos usados para processamento direto e fluxos escondidos), este indicador dá um indício mais representativo do potencial de pressão ambiental associado ao uso de materiais do que indicadores alternativos, como o DMI (OECD, 2008b).⁹ Quando relativizado com recurso ao PIB ou à população, o TMR revela o grau de intensidade material da economia, tradutor da eficiência ambiental do sistema econômico.

A principal limitação associada ao indicador referido é transversal aos indicadores baseados nas análises de fluxos de materiais (MFA), dado que, globalmente, são medidas agregadas de materiais distintos. De facto, a escolha de uma unidade de massa como medida comum (em geral, toneladas) e a consequente simples adição dos materiais, por um lado, ultrapassa o inconveniente dos fluxos físicos serem medidos em unidades de volume diferentes, embora, por outro, ignore os seus diferentes impactos ambientais, i.e., não diferencia os materiais pelo seu impacto ambiental.¹⁰

Capital natural

A abordagem seguida pelo Banco Mundial na estimação do capital natural (WB, 2006a) considera

que a riqueza das nações abrange o capital produzido, o capital natural e o capital intangível e este último é, por sua vez, um agregado que inclui capital humano, social e institucional. A estimação da riqueza total e suas componentes, para cerca de 120 países no ano 2000, envolveu, primeiro, a estimação da riqueza total, segundo, a estimação do capital produzido e do capital natural e, finalmente, o cálculo do capital intangível pela diferença entre a riqueza total e os capitais produzido e natural.¹¹

O capital natural é dado pela soma de recursos naturais não renováveis (incluindo carvão, petróleo e gás natural, e recursos mineiros), terras aráveis e de pastoreio, áreas de floresta (incluindo áreas usadas para a extração de madeira e recursos florestais não madeireiros) e áreas protegidas. O capital natural é medido em termos monetários (assim como as restantes componentes da riqueza total). O método do valor atual líquido é usado para estimar os valores da maioria das componentes do capital natural. O procedimento de cálculo encontra-se esquematizado na Figura 1.

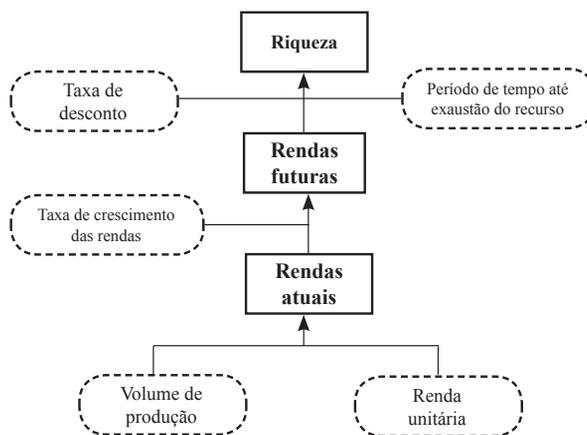


FIGURA 1 – Estimação da riqueza natural pelo Banco Mundial
 FONTE: Adaptado de WB (2006b).

⁹ Note-se, porém, que a dificuldade de medição das necessidades totais de materiais (TMR) deriva, justamente, dessa inclusão dos fluxos escondidos (assim, por vezes, ignorados). Os dois tipos de pressões ambientais genericamente refletidos nesse indicador são, por um lado, pressões associadas com a quantidade e a qualidade dos *stocks* de recursos naturais a partir dos quais os materiais são extraídos e, por outro, pressões associadas com o “fardo ambiental” gerado durante a extração dos materiais (emissões e resíduos) (PINHEIRO, 2006).

¹⁰ Por exemplo, fluxos com massa reduzida, como pesticidas e químicos perigosos, são potencialmente mais danosos para o ambiente do que outros com massa muito maior, como água, e areia e brita.

¹¹ O Banco Mundial informa, no seu *site* oficial, que existirá uma publicação quinquenal dos dados sobre a riqueza total e a sua composição.

De acordo com o Banco Mundial (WB, 2006b), o primeiro passo no cálculo do capital natural consiste na estimação das rendas atuais obtidas pela multiplicação da quantidade do recurso produzido/extraído pela renda unitária do recurso (preço menos custo marginal de extração, em regra, preço multiplicado pela *rental rate*). No caso das áreas cultiváveis, as rendas são calculadas pela diferença entre o valor de produção e o custo dos *inputs* agrícolas. Segue-se a estimação das rendas futuras, a qual requer pressupostos sobre a taxa de crescimento das rendas (evolução da oferta e da procura ao longo do tempo). Em regra, é assumida uma taxa de crescimento constante (nula para os recursos madeireiros). O último passo consiste na estimação do valor do *stock* dos recursos pelo método do valor atual líquido. O período de tempo disponível até a exaustão do recurso depende de vários fatores, em particular, do *stock* total disponível, da taxa de extração e das condições gerais do mercado. A taxa de desconto corresponde à *social rate of return on investment*, i.e., a taxa de desconto que o governo escolheria para uma distribuição intergeracional dos recursos. Ela difere de país para país, embora seja assumida uma taxa constante (de 4%) por simplificação.

A contabilização monetária pressupõe que o valor dos ativos ambientais pode ser calculado. Contudo, o problema da atribuição de valores monetários é especialmente sério no que diz respeito aos ativos ambientais. Entre os principais obstáculos, Roseta-Palma e Meireles (2008) destacam os seguintes: (i) as limitações dos métodos usados para estimar os valores dos ativos ambientais; (ii) a dificuldade em obter os dados necessários para os implementar; (iii) a ausência de métodos de avaliação apropriados para ativos complexos como os ecossistemas; (iv) o tradicional debate acerca da legitimidade em atribuir valores monetários a esses ativos. Por outro lado, uma crítica evidente a este tipo de indicadores está intimamente associada ao conceito de capital natural crítico. De facto, a vantagem da agregação dos diversos tipos de capital natural e conseguida pelo simples somatório pressupõe, todavia, que existe substituíbilidade entre eles, quando é relativamente consensual na literatura que alguns ativos ambientais não têm substitutos – chamado capital natural crítico.

Hamilton (2007) sugere três classes desse tipo de ativos: (i) recursos naturais que são *inputs* essenciais à continuação da atividade produtiva, como sejam o solo

e a água doce; (ii) componentes do ambiente natural que absorvem ou processam os resíduos da atividade humana, em particular, a atmosfera e os oceanos; (iii) ativos que são diretamente valorizados pelas suas características únicas, como as florestas milenares e os recifes de coral. A preservação deste capital natural crítico pode justificar-se por certas funções do capital natural serem insubstituíveis, além da existência de aversão ao risco num contexto em que a incerteza é generalizada e a degradação do capital natural pode ser irreversível (ROSETA-PALMA; MEIRELES, 2008). Nessa medida, o *stock* de capital natural não pode ser agregado – “for these critical assets which absolutely must be conserved (at some level), some (physical) indication is clearly needed about the extent of conservation” (ATKINSON *et al.*, 2007, p. 4).

Pegada Ecológica (EF)

As National Footprint Accounts (NFA) coordenadas pela Global Footprint Network constituem atualmente a metodologia subjacente para o cálculo de pegadas ecológicas de 240 países (EWING *et al.*, 2009). As categorias de uso do solo consideradas são as seguintes: (i) *cropland* – áreas terrestres para a produção de alimentos, rações de animais, fibras, óleos e borracha; (ii) *grazing land* – áreas terrestres para o pasto de animais e para a produção de carne, lã, peles e produtos lácteos; (iii) *forest for timber and fuelwood* – áreas terrestres para a obtenção de madeira, fibras de madeira e lenha; (iv) *fishing ground* – áreas marítimas ou de água doce para a pesca; (v) *built-up land* – áreas terrestres para a acomodação de infraestruturas humanas (habitação, transportes, estruturas industriais e estruturas para a geração de energia); (vi) *forest for carbon dioxide uptake* – áreas de assimilação das emissões de CO₂ produzidas, essencialmente, pela queima de combustíveis fósseis (depois de deduzida a quantidade absorvida pelos oceanos).

As diferentes categorias de uso do solo acima referidas têm as suas particularidades no que respeita à produtividade, i.e., registam-se diferenças de produtividade entre elas, assim como diferenças de produtividade entre países para uma dada categoria de uso do solo. Logo, cada tipo de área bioprodutiva de um dado país

precisa ser ponderada pela sua produtividade, medindo-se o seu peso produtivo em relação à média mundial. O fator de equivalência e o fator de rendimento são os dois parâmetros que fazem essa ponderação. O primeiro fator representa a média global do potencial de produtividade de uma dada área bioprodutiva relativamente à média global do potencial de produtividade de todas as áreas bioprodutivas. O segundo é dado pelo rácio entre a produtividade média de um dado país e a produtividade média mundial para uma dada área produtiva.

Assim, matematicamente temos:

$$EF_{x,t} = \sum i A_{i,x,t}^d \times FE_{i,t} \times YF_{i,x,t} \quad (4)$$

ou seja, a Pegada Ecológica (EF) – a procura humana – do país x no ano t agrega as diferentes categorias de áreas procuradas ponderadas pelos respetivos fatores de equivalência e de rendimento.

De igual modo, a Biocapacidade (BC) – a oferta da Natureza – do país x no ano t obtém-se como:

$$BC_{x,t} = \sum A_{i,x,t}^s \times FE_{i,t} \times YF_{i,x,t} \quad (5)$$

Os fatores de equivalência (FE) são calculados anualmente pela Global Footprint Network e são iguais para todos os países. Por seu lado, cada país tem o seu grupo de fatores de rendimento (YF) e todos os anos são calculados novos fatores de rendimento. Finalmente, os dados de produção e de comércio internacional dos diferentes países são ajustados para dados de consumo e estes, por sua vez, convertidos em áreas de terra e mar (A) através dos dados de produtividade.¹² Os hectares para cada tipo de área bioprodutiva (procurada e oferecida) depois de ponderados pelos dois fatores referidos passam, assim, a ser expressos na unidade de medida designada por hectare global (gha).

Em termos agregados, a área da procura (EF) corresponde à área de terra e água necessária para produzir os recursos consumidos e absorver os resíduos gerados

pela população atendendo a um determinado estado da tecnologia. A área da oferta (BC), por sua vez, corresponde à área disponível para a natureza fornecer essas funções. Da comparação entre EF e BC para um dado país, geralmente expressos em termos *per capita*, resulta um indicador que, usualmente, é interpretado como uma medida de sustentabilidade ecológica/ambiental.¹³

Assim, um rácio de recursos requeridos relativamente aos recursos disponíveis superior à unidade configura, normalmente, um quadro de insustentabilidade – défice ecológico. Um dado país pode exceder a sua biocapacidade importando biocapacidade através do comércio e/ou sobre-explorando os seus ativos ecológicos. Contudo, “to live ecologically sustainable on the earth we must live within the earth’s biocapacity” (MOFFATT, 2007, p. 331). A sobre-exploração do capital natural de um dado país não só se afigura um caminho insustentável a longo prazo, como nem todos os países podem continuar a ser importadores de biocapacidade.

Em contrapartida, um rácio entre a pegada ecológica de um dado país e a sua biocapacidade inferior (ou igual) à unidade sugere que o presente uso dos recursos de que esse país dispõe é sustentável, ou seja, o país está dentro dos limites da sua biocapacidade e com capacidade biológica de sobra – reserva ecológica. Contudo, esse diferencial positivo de biocapacidade poderá ser utilizado na produção de bens para exportação.

Os procedimentos acima descritos para esta forma de medição da sustentabilidade ambiental não estão isentos de limitações. Em primeiro lugar, assinalamos o facto de a mesma atender somente ao uso direto do solo (e possível sobre-exploração dos recursos ecológicos), além do efeito indireto das emissões de CO₂, omitindo, assim, um grande espectro de pressões e impactos criados no ambiente, com destaque para “depletion of non-renewable resources (e.g. oil)” (STIGLITZ *et al.*, 2009, p. 71) e “other environmental problems (such as different pollutants and biodiversity loss)” (MOFFATT, 2007, p. 338).

¹² Recorde-se que Consumo = Produção + Importações – Exportações. A abordagem de cálculo do consumo e conversão dos dados de consumo em área é conhecida na literatura por abordagem do composto (*compound approach*). O cálculo da área necessária à produção de cada produto consumido i obtém-se dividindo o consumo médio anual do item (em unidades de massa, e.g. toneladas) pela produtividade média anual desse item (em unidades de massa por unidades de área, e.g. toneladas/hectares).

¹³ A Global Footprint Network divulga anualmente na publicação *Ecological Footprint Atlas* os resultados que os países obtêm em termos de biocapacidade (BC), pegada ecológica de consumo – tipicamente conhecida como EF – e as suas principais componentes – pegada ecológica de produção, pegada ecológica de importações e pegada ecológica de exportações (todas expressas em gha por pessoa).

Em segundo lugar, salientamos a fragilidade da interpretação imediata do rácio entre pegada ecológica e biocapacidade de um dado país como indicativo de sustentabilidade ou não desse país, na medida em que

alternative to domestic resource depletion or the use of global commons, this ‘deficit’ situation may quite simply be the effect of international trade in goods derived from biocapacity. These exchanges of goods may bring mutual benefit to participants, more than they represent vulnerabilities (EWING *et al.*, 2009, p. 90).

Por último, alguns autores mencionam ainda as limitações metodológicas próprias de um índice, além daquelas que derivam de um índice expresso em termos físicos. No primeiro caso, considerando a concepção de capital natural crítico, realça-se a pressuposição na sua agregação de que existe substituíbilidade entre os diversos tipos de capital natural e a simples adição de diferentes bens do capital natural em termos de áreas de terra e água (ROSETA-PALMA; MEIRELES, 2008; STIGLITZ *et al.*, 2009). No segundo, destaca-se o excesso de confiança com que se transforma o uso dos recursos em áreas de terra e água (COSTA, 2008).

5. Considerações finais

A medição do desenvolvimento faz-se por intermédio de indicadores que atendem às principais dimensões constitutivas do fenómeno, de forma desagregada e/ou compósita. O ambiente é uma dessas dimensões, pelo que a discussão produzida neste artigo da forma como esta pode ser medida possibilita averiguar os indicadores ambientais que possam ser parte integrante de uma proposta de medição do desenvolvimento.

Tendo como pano de fundo a sustentabilidade e os indicadores para a sua medição, as quatro iniciativas assinaladas neste artigo – ISEW, GS, ESI/EPI e EF – são medidas de natureza compósita. Uma vez que agregam ou sintetizam um conjunto de informação variada num indicador/índice estão, portanto, em contraposição com as iniciativas de medição desagregada do fenómeno, os *dashboards* ou conjuntos de indicadores de sustentabilidade. Por outro lado, pode-se ainda estabelecer uma dicotomia

entre indicadores de desenvolvimento sustentável e de sustentabilidade ambiental, em que os primeiros procuram refletir o fenómeno da sustentabilidade nas suas dimensões económica, social, ambiental, enquanto os segundos se concentram, unicamente, na dimensão ambiental do fenómeno, sendo indicadores ambientais “puros”. Apenas um dos indicadores mais referidos na literatura da medição compósita da sustentabilidade se apresenta como suscetível de transmitir uma ideia global da sustentabilidade ambiental de países/regiões – a Pegada Ecológica (com o seu indicador associado, a Biocapacidade).

No seio da literatura especializada relativa à medição do capital natural (ecológico ou ambiental), vários outros exemplos de indicadores ambientais se identificaram neste artigo. Tomando por suporte a avaliação da complexa e multifacetada componente ambiental do desenvolvimento, duas abordagens predominam nesse âmbito: por um lado, medidas agregadas e estritamente ambientais provenientes da contabilização do ambiente e sua integração nos sistemas de contas nacionais dos países; por outro, medidas compósitas que, com maior ou menor grau de abrangência, captam subdimensões desta dimensão específica do desenvolvimento. Os contributos que foram, subsequentemente, selecionados como indicadores ambientais agregados largamente divulgados e tendo em vista a sua apresentação e discussão mais detalhada não estão, porém, isentos de limitações. Nessa medida, as Necessidades Totais de Materiais (TMR), o Capital Natural e a Pegada Ecológica (EF) devem constituir-se como medidas complementares. Ainda assim, não obstante as críticas que têm sido apontadas ao EF, este é o instrumento de avaliação da sustentabilidade ambiental mais amplamente referenciado e lembrado pelos especialistas.

Por último, registre-se que neste artigo se imprimiu uma importância prioritária à medição agregada do ambiente, uma vez que, por um lado, sistematiza a multidimensionalidade intimamente associada à própria complexidade do fenómeno em análise e, por outro, possibilita um monitoramento mais permanente dos níveis dos recursos naturais disponíveis nos países/regiões, incluindo os usos sustentáveis dos mesmos. Naturalmente, essa abordagem pode ser complementada por uma leitura mais desagregada e mais “fina” do estado do ambiente, permitindo uma perceção mais completa do fenómeno em análise.

Referências

- ADRIAANSE, A. *Environmental Policy Performance Indicators: A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands*. SDV Publishers, The Hague, 1993.
- ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. Introduction. In: _____; _____; _____. (Orgs.). *Handbook of Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- BANDURA, R. *A Survey of Composite Indices Measuring Country Performance: 2008 Update*. UNDP/ODS Working Paper, Office of Development Studies, 2008.
- BÖHRINGER, C.; JOCHEMC, P. Measuring the Immeasurable – A Survey of Sustainability Indices. *Ecological Economics*, v. 63, p. 1-8, 2007.
- BURCK, J.; BALS, C. *The Climate Change Performance Index: Background and Methodology*. Germanwatch, 2009.
- CBD. *Global Diversity Outlook*. Montreal, Quebec: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001.
- COSTA, A. C. *Desenvolvimento de uma metodologia expedita de cálculo da Pegada Ecológica de uma cidade: o caso de Lisboa*. Tese (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – IST. Lisboa, 2008.
- ESTY, D.; GRANOFF, I.; LEVY, M.; CHEN, B.; SHERBININ, A. de. *Pilot Environmental Performance Index*, An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force. World Economic Forum Annual Meeting 2002, Yale Center for Environmental Law and Policy, 2002.
- _____; LEVY, M.; KIM, C.; SHERBININ, A. de; SREBOTNJAK, T.; MARA, V. *2008 Environmental Performance Index*. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy, 2008.
- EUROSTAT. *Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators – A Methodological Guide*, Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
- EWING, B.; GOLDFINGER, S.; OURSLER, A.; REED, A.; MOORE, D.; WACKERNAGEL, M. *The Ecological Footprint Atlas 2009*. Oakland: Global Footprint Network, 2009.
- GOOSSENS, Y.; MÄKIPÄÄ, A.; SCHEPELMANN, P.; SAND, I. de; KUHNNDT, M.; HERRNDORF, M. *Alternative Progress Indicators to Gross Domestic Product (GDP) as a means towards Sustainable Development*. Study provided for the European Parliament’s Committee on the Environment, Public Health and Food Safety, PDESP/European Parliament, 2007.
- HAILS, C.; HUMPHREY, S.; LOH, J.; GOLDFINGER, S. *Living Planet Report 2008*. Gland: World Wide Fund For Nature, 2008.
- HAMILTON, C. Measuring Sustainable Economic Welfare. In: ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. (Orgs.). *Handbook of Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- HIZSNYIK, E.; TOTH, F. L. *Literature Findings and Recommendations for Linking SD and Mainstream Macroeconomic Indicators*. Internal Summary Report, Relate Existing Measures of Sustainability to Economic Performance, IN-STREAM, International Institute for Applied Systems Analysis, 2010.
- JHA, R.; MURTHY, K. V. *Environmental Sustainability: A Consumption Approach*. Routledge Taylor & Francis Group, 2006.
- JONES, L.; FREDRICKSEN, L.; WATES, T. *Environmental Indicators*. 5. ed. The Fraser Institute, 2002.
- LANGE, G. Environmental and Resource Accounting. In: ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. (Orgs.). *Handbook of Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- MAYER, A. L. Strengths and Weaknesses of Common Sustainability Indices for Multidimensional Systems. *Environment International*, v. 34, p. 277-291, 2008.
- MOFFATT, I. Environmental Space, Material Flow Analysis and Ecological Footprint. In: ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. (Orgs.). *Handbook of Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar, 2007.
- OECD. *Measuring Material Flows and Resource Productivity*. Synthesis Report. Paris: OECD, 2008a.
- _____. *Measuring Material Flows and Resource Productivity*, V. I – The OECD Guide. Paris: OECD, 2008b.
- PARKER, J. *Environmental Reporting and Environmental Indices*. 1991. Tese (Doutoramento) – University of Cambridge, Cambridge, 1991.
- PINHEIRO, M. D. *Ambiente e construção sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.

- PUOLAMAA, M.; KAPLAS, M.; REINIKAINEN, T. *Index of Environmental Friendliness*. A Methodological Study. Eurostat, 1996.
- ROSETA-PALMA, C.; MEIRELES, M. Indicadores de sustentabilidade. *Prospectiva e Planeamento*, v. 15, p. 177-206, 2008.
- SAISANA, M. *List of Composite Indicators*. 2008. Disponível em: <<http://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/>>. Acesso em: set. 2012.
- _____; TARANTOLA, S. *State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development*. Joint Research Centre, European Commission, 2002.
- SICHE, J. R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Sustainability of Nations by Indices: Comparative Study between Environmental Sustainability Index, Ecological Footprint and the Emergy Performance Índices. *Ecological Economics*, v. 66, p. 628-637, 2008.
- SINGH, R. K.; MURTY, H. R.; GUPTA, S. K.; DIKSHIT, A. K. An Overview of Sustainability Assessment Methodologies. *Ecological Indicators*, v. 9, p. 189-212, 2009.
- SOPAC. *Building Resilience in SIDS: The Environmental Vulnerability Index (EVI) 2005*. SOPAC Technical Report, South Pacific Applied Geoscience Commission, 2005.
- STIGLITZ, J. E.; SEN, A.; FITOUSSI, J.-P. *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. September, 2009.
- TEN BRINK, B. *Biodiversity Indicators for the OECD Environmental Outlook and Strategy: A Feasibility Study*. Globo Report Series N. 25, National Institute of Public Health and the Environment, 2000.
- _____. *The Natural Capital Index framework (NCI)*, Contribution to Beyond GDP “Virtual Indicator Expo”. OECD International Conference, Brussels, 19-20 November 2007. Brussels, Belgium, 2007.
- UN; EC; IMF; OECD; World Bank. *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*. Studies in Methods, Series F, N. 61, Rev. 1, United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and Development and World Bank, 2003.
- UNDESA. *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. New York: United Nations, 2007.
- WB. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington D.C.: The World Bank, 2006a.
- _____. *A Guide to Valuing Natural Resource Wealth*. Policy and Economics Team – Environment Department. Washington D.C.: World Bank, 2006b.

Recebido em 19 de novembro de 2012.

Aceito em 27 de dezembro de 2012.

Publicado em junho de 2013.