

Aplicações da Pegada Ecológica no Brasil: um estudo comparativo

RESUMO

As cidades têm sido percebidas como a chave para a sustentabilidade global face aos seus aspectos sociais, econômicos e ecológicos. Assim, a gestão urbana tem o papel de buscar os mecanismos para propiciar uma maior qualidade de vida e identificar indicadores capazes de sinalizar o seu desempenho ambiental. A Pegada Ecológica (PE) é vista como um indicador importante para incorporar a questão ecológica na análise da qualidade ambiental em áreas urbanas. Entretanto, não só é preciso compreender melhor a PE, como são necessários estudos empíricos que analisem a sua aplicação em cidades de países em desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa é contribuir para suprimir essa lacuna, confrontando os resultados de PE's aplicadas no Brasil para evidenciar a necessidade de uma uniformização de procedimentos e o estabelecimento de referências para que se seja possível fazer de fato uma comparação.

PALAVRAS-CHAVE: Cidade, Sustentabilidade, Pegada Ecológica.

ABSTRACT

Cities have been increasingly seen as crucial to global sustainability regarding their social, economic and ecological aspects. Public administration has to find ways to improve standards of living in a city and to search for indicators which can measure environmental performance in urban areas. Ecological Footprint (EF) has been seen as an important indicator to incorporate ecological concerns in environmental quality levels in urban areas. However, a comprehensive understanding of this tool is still required, as well as empirical studies that can analyse the application of EF on cities in developing countries. This paper aims to contribute to this gap. It compares the results of the application of EF in some cities in Brazil identifying a need for adjustment and consistency of procedures and approaches in order to make comparisons possible.

KEYWORDS: City, Sustainability, Ecological Footprint.

Arilma Oliveira do Carmo Tavares

Engenheira Sanitarista e Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental Urbana (UFBA). Professora das Faculdades SENAI CETIND e FTC-Salvador

Severino Soares Agra Filho

Engenheiro Químico. Doutor em Economia Aplicada (Desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) (Unicamp). Professor Adjunto do Dep. Engenharia Ambiental/ Escola Politécnica /Universidade Federal da Bahia (UFBA).

INTRODUÇÃO

A perspectiva de melhoria de condições e de qualidade de vida tem sido determinante na atratividade exercida pelas cidades sobre as populações. A cidade parece ser a forma que os seres humanos encontraram para viver em sociedade e prover suas necessidades (ALBERTI, 1994). As estatísticas falam por si: mais de 60% do PIB dos países desenvolvidos é produzido em áreas urbanas e se constata que 81% dos brasileiros vivem em cidades (IBGE, 2002). As cidades se tornam, portanto, lócus e cenário importante dos processos de mudanças sociais e, por sua vez, um espaço privilegiado para o exercício da cidadania. Para que tal ocorra, impõe-se, como premissa fundamental, o pleno cumprimento da sua função social, ou seja, que a cidade seja entendida como um espaço urbano cujo uso e ocupação ocorram de forma socialmente justa e ecologicamente sustentável.

A promoção da sustentabilidade ambiental impõe o conhecimento e o desenvolvimento de novos processos de apreensão da realidade que permitam a percepção integrada dos diferentes fatores sociais, econômicos e ecológicos. A condução dessa perspectiva exige, entre outros mecanismos, a definição de indicadores que relacionem as condições de sustentabilidade ambiental com os diferentes setores da produção social. Essa demanda consta objetivamente na AGENDA 21, que determina que os países devam desenvolver sistemas de monitoramento e avaliação do avanço para o desenvolvimento sustentável através do uso de indicadores que possam captar as mudanças nas dimensões: econômica, social e ambiental.

Atualmente, diversos países e entidades internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), através de suas instituições como a Comissão Econômica para

América Latina e o Caribe (Cepal) e a Comissão de Desenvolvimento Sustentável, bem como a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), têm desenvolvido esforços no sentido de estabelecer indicadores para a aferição e o monitoramento da trajetória das nações no caminho da sustentabilidade ambiental ou propor metodologias que possam contribuir para a escolha dos mesmos.

Muitos indicadores têm sido criados para tentar traduzir o grau de sustentabilidade, tanto do ambiente urbano quanto do planeta (Barômetro da Sustentabilidade, Painel da Sustentabilidade etc.). Entre eles, notam-se os indicadores de origem ecológica, que compreendem a disponibilidade dos recursos naturais, tais como: áreas bioprodutivas (plantação, pastagem, marítima etc.), minerais, água, assim como a qualidade do solo, ar, a biodiversidade, dentre outros.

Buscando se suprir a demanda por indicadores ecológicos, ou seja, que compreendam os limites da ecossfera, foi criada a Pegada Ecológica (PE) no Canadá, no início dos anos 90, pelos pesquisadores William Rees e Mathis Wackernagel. Esse indicador estabelece uma relação do consumo dos recursos naturais com a biocapacidade potencial da natureza para produzir e para assimilar os resíduos gerados, sinalizando se o ecossistema em análise já ultrapassou a sua própria biocapacidade.

Na pesquisa bibliográfica sobre a PE procedida preliminarmente, foram encontradas poucas aplicações no Brasil. Além disso, identificou-se que estas faziam uso de fatores de conversão internacionais, utilizavam categorias que não condiziam com a realidade local e relacionavam o consumo de água com a área de bacia hidrográfica. A pouca e frágil aplicação da PE no Brasil constatada em 2005 era justificada por se tratar

então de um indicador relativamente novo, sendo, portanto, ainda preciso realizar estudos mais aprofundados para sua maior compreensão e para fazer as adaptações necessárias à realidade local.

Essa constatação despertou o interesse na realização dessa pesquisa, visando contribuir com informações para uma futura sistematização de sua aplicação no Brasil. Nesse sentido, o presente artigo, baseados nos resultados da referida pesquisa, tem o objetivo de caracterizar e discutir os procedimentos de cálculo de aplicação adotados no Brasil, destacando os aspectos e respectivas necessidades de uniformização que permitam o estabelecimento de referências que possam efetivar a sua aplicação como indicador de comparação das PE dos municípios. Dessa forma, a partir da análise comparativa de resultados de PE aplicados no Brasil pretende-se evidenciar as diferenças obtidas, em função das distintas considerações que podem ser adotadas.

METODOLOGIA

A condução metodológica da pesquisa considerou preliminarmente o devido conhecimento e apropriação do cálculo da PE. Após o entendimento da metodologia de cálculo e do seu suporte teórico, foi realizado um levantamento dos resultados das aplicações da PE realizadas no Brasil, visando à obtenção de dados que pudessem auxiliar no estudo comparativo pretendido e assim na identificação das particularidades locais.

Cabe salientar que a bibliografia acerca da PE disponível no Brasil é insuficiente para um aprofundamento sobre o método de seu cálculo, especialmente por se tratar de um indicador de origem canadense relativamente novo, criado na década de 1990. Desse

modo, a busca por publicações internacionais, especificamente aquelas produzidas pelos autores do método, foi permanente, sendo necessário manter contato com pesquisadores ligados às organizações internacionais que utilizam a PE.

A escolha das aplicações feitas no Brasil para a realização do estudo comparativo foi baseada em dois critérios: a) ser resultado de pesquisas de mestrado e/ou doutorado e b) apresentar o memorial de cálculo da pegada. Dessa forma, foram considerados os resultados dos estudos sobre os seguintes locais:

- Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará (LEITE, 2001);
- Cidades Satélites (Taguatinga, Ceilândia e Samambaia) – Distrito Federal (DIAS, 2002);
- Florianópolis – Santa Catarina (ANDRADE, 2006).

Como suporte metodológico, adotou-se a cidade do Salvador-Ba para um estudo prático do método, o que contribuiu também para se perceber a realidade local acerca da aplicação da PE. De posse dos valores das pegadas parcelares¹ obtidas para Salvador, foi realizada uma análise comparativa desses resultados com outros obtidos por pesquisadores no Brasil.

O ano definido para o cálculo da PE de Salvador foi 2006 sendo, portanto, adotado o valor da população local neste ano. Os valores do consumo dos diversos elementos considerados nas categorias de análise da PE e as produtividades adotadas deveriam ser referentes ao ano de análise (2006), mas a ausência de dados impediu que esse procedimento fosse adotado em todas as categorias.

¹ A PE total é formada por pegadas parcelares que se somam. Ex.: pegada do carbono, pegada do consumo de leite, pegada do consumo de carne bovina etc.

Outro procedimento da pesquisa foi a adoção do cálculo de PE parciais, relativas a categorias específicas (pegadas parcelares) que constituem a PE total. A partir dos valores das pegadas parcelares obtidas para Salvador, foi realizada uma análise comparativa desses resultados com outros estudos realizados no Brasil. Este procedimento, além de auxiliar em relação às dificuldades de disponibilidade de dados, propiciou observar a metodologia adotada em cada estudo, assim como conhecer os fatores de conversão adotados, as fontes de dados, as taxas de emissão e absorção de CO₂ e a produtividade média, subsidiando a análise acerca da aplicação do método da PE e no Brasil.

Para realizar o cálculo da PE, é necessário o levantamento de dados de diversos setores tais como, da agricultura, pecuária, pesca e energia. A complexidade desse tipo de pesquisa aumenta à medida que são inseridas novas categorias e componentes de análise, que tendem a tornar maior o valor da PE resultante. Para as categorias e unidades de análise adotadas neste estudo, foram realizados levantamentos de dados nas instituições relacionadas a seguir:

- Associação Brasileira da Indústria de Café – ABIC.
- Bahia Pesca - Órgão ligado à Secretaria de Agricultura da Bahia – SEAGRI.
- Bahia Pulp S/A – Indústria de Celulose.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES.
- Companhia de Gás da Bahia – Bahiagas.
- Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF.
- Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

- Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia – SEINFRA.
- Empresa de Limpeza Urbana de Salvador – LIMPURB.
- União da Indústria Canaveira de São Paulo – UNICA.
- Votorantin – Indústria de Papel.

De posse dos resultados da PE para a cidade do Salvador, foi realizada uma comparação desses resultados com aqueles obtidos por outros estudos realizados no Brasil, para que fosse possível observar a metodologia adotada em cada estudo, assim como os fatores de conversão adotados, as fontes de dados, as taxas de emissão e absorção de CO₂ e a produtividade média. Isso possibilitou que a análise acerca da aplicação do método da PE no Brasil fosse subsidiada.

REFERENCIAL TEÓRICO

A PE é um indicador de sustentabilidade que aponta diretamente para a pressão exercida sobre os recursos naturais, sendo considerada como um indicador de sustentabilidade ecológica ou de sustentabilidade do consumo (MORAN *et al*, 2007). A demanda ecológica observada é o que se denomina de Pegada Ecológica: “o total de área de terra produtiva e de água demandada continuamente para produzir todos os recursos consumidos e para assimilar todos os resíduos produzidos por uma dada população” (REES e WACKERNAGEL, 1996), ou seja, quanto maior a PE maior a demanda (REES, 2000).

Desde a sua publicação em 1996, a PE tem sido constantemente aprimorada. As organizações *Redefining Progress* e *Global Footprint Network* têm sido as principais responsáveis pelas adaptações no método original da PE, originando o Método da Nação, que considera a produtividade média mundial e adota fatores de equivalência. O método original, denominado nessa pesquisa como Método da Produtividade Local (o

	Categoria	Caracterização
Território de Energia	Território apropriado pela utilização de energia fóssil	Território de energia ou CO2
Território consumido	Ambiente construído	Território degradado
Território atualmente Utilizado	Jardins	Ambiente construído reversível
	Terra para plantio	Sistemas cultivados
	Pastagem	Sistemas modificados
	Florestas plantadas	Sistemas modificados
Território com avaliação Limitada	Florestas intocadas	Ecossistemas Produtivos
	Áreas não produtivas	Desertos, capa polar

Tabela 1: Categorias de Território.

Fonte: Adaptado por Bellen (2006, p. 108) a partir de Wackernagel e Rees (1996).

nome do método original não foi identificado na literatura consultada), permite o uso da produtividade média local e não considera fatores de equivalência.

Metodologia de Cálculo

Para calcular a pegada, é necessário determinar as categorias de consumo a serem analisadas; por exemplo: alimentação, habitação, energia, bens e serviços etc. Cada categoria por sua vez, é formada por componentes de análise, por exemplo, a categoria alimentação tem como componentes: frutas, verduras, grãos, carnes etc. Ainda, uma categoria poderá ter subcategorias, por exemplo: alimentação tem como subcategorias “vegetal e animal”. Os componentes por sua vez podem ser subdivididos em unidades, tais como o componente “frutas” pode ter as unidades: maçã, laranja, uva etc. Os termos componentes e unidades foram definidos nessa pesquisa para facilitar o entendimento do método.

A escolha das categorias de consumo é realizada com base na realidade local, adotando aquelas mais significativas (REES e WACKERNAGEL, 1996). Outro fator importante na escolha das categorias é a disponibilidade de

dados necessários para o cálculo. O cálculo original da PE adota oito categorias de análise, conforme apresentado na Tabela 1, sendo todas referentes à terra, ou seja, não é considerado o recurso hídrico.

A equação da PE foi estruturada de forma similar à equação do impacto ambiental humano (REES e WACKERNAGEL, 1996, p. 230; REES, 2000, p. 372), apresentada a seguir:

$$I = P \times A \times T$$

(Equação 01)

Onde:

I = Impacto ambiental.
P = População.
A = Afluência (consumo material).
T = Tecnologia.

A equação da PE é representada por meio da Equação 02, a qual possui relação entre consumo, tecnologia (associada à produtividade) e população:

$$PE = [\sum (C_i / P_i)] \times N \dots\dots$$

(Equação 02)

Onde:

Ci: consumo médio per capita de cada bem.

Pi: produtividade média de cada bem.

N = população.

A produtividade média a ser adotada no método proposto é com base na produtividade média mundial, mas também pode ser utilizada a produtividade média local quando se busca realizar estimativas mais detalhadas.

Os produtos secundários (por exemplo: queijo, carvão vegetal, papel, farinha de mandioca etc.), estes devem ser transformados no bem primário por meio de fatores de conversão local (se produzidos localmente) para que assim, pela produtividade global do bem primário, haja a transformação em área produtiva.

Apenas uma classe de resíduo é adotada no cálculo, que é quantidade de CO₂ emitida, a partir do consumo de energia, sendo então calculada a área necessária para sequestrar o carbono (REES e WACKERNAGEL, 1996). Demais gases e resíduos sólidos não são considerados no cálculo.

As emissões de CO₂ são quantificadas, a partir da sua taxa de emissão específica para cada tipo de combustível. A partir do quantitativo de CO₂ emitido obtém-se o valor da área, adotando o fator de conversão

Itens Analisados	PE (gha/capita)	Descrição
Alimentos e Bebidas	1,33	Alimentos e bebidas consumidos em Cardiff e pelos serviços de refeições.
Energia doméstica	0,99	Eletricidade, gás, óleo e energias renováveis.
Viagem	0,99	Carro, ônibus, trem e avião.
Capital Investimento	0,74	Infra-estrutura (auto-estradas, vias férreas, pontes, estádios, lazer).
Bens consumíveis e duráveis	0,64	Roupas, equipamentos de tecnologia da informação, audiovisual, livros, móveis, eletrodomésticos etc.
Governo	0,41	Bens duráveis.
Serviços	0,26	Água, hospital, telefone, post, escolas, universidades, polícia, comercial, financeiro.
Habituação	0,16	Construção, manutenção e reforma.
Atividades de férias	0,1	Residentes do Reino Unido em férias no estrangeiro.
Outros	-0,03	Instituições sem fins lucrativos e turistas estrangeiros no Reino Unido.
Total	5,59	

Tabela 2: Pegada Ecológica de Cardiff.

Fonte: Collins, Flynn e Netherwood (2005, p. 13).

referente à capacidade de assimilação do carbono pela vegetação (kg C/ha). Originalmente, não é considerado o potencial dos oceanos em absorver o CO₂, pois esta absorção varia em função da temperatura das águas (WACKERNAGEL e SILVERSTEIN, 2000).

O consumo de água não é contabilizado no cálculo original da PE, assim como as áreas de mar e de rio utilizadas na produção de pescado.

Após o cálculo, a PE é comparada com a capacidade de suporte ou biocapacidade local do ecossistema em estudo.

A biocapacidade é compreendida como sendo a área local produtiva, desprezando, portanto, as áreas consideradas improdutivas; tais como: os desertos, semiáridos e icebergs (REES e WACKERNAGEL, 1996). As áreas produtivas são aquelas destinadas para a pastagem, plantação, florestas, aquicultura.

Segundo Bellen (2006), o cálculo realizado em 1999, pelos

autores do método – *Ecological Footprint of Nations* – considerou que 12% da área bioprodutiva disponível devem ser destinados à preservação da biodiversidade. Não foi identificada na literatura se esse procedimento foi adotado na origem do método ou posteriormente.

Sempre que a PE for maior que a biocapacidade local, significa que há um *déficit* ecológico, ou seja, o saldo é negativo. Para um saldo positivo, equivale a dizer que a biocapacidade disponível está atendendo à demanda ecológica daquela população.

Aplicações

A PE pode ser aplicada em diferentes escalas, desde o planeta até um indivíduo. Segundo Wackernagel; Kitzes e Moran (2006), existem, provavelmente, mais de 100 estudos de PE aplicada para cidades, resultantes de projetos de pesquisa que buscam compreender a demanda das áreas urbanas pela natureza. No entanto, para as

cidades, não existem dados tão consistentes quanto para o cálculo da PE de uma nação.

Como exemplo de uma aplicação da PE para cidade, apresenta-se a realizada para a cidade de Cardiff, capital de Wales, que é um dos quatros países constituintes do Reino Unido da Grã Bretanha e da Irlanda do Norte. O cálculo da PE de Cardiff, com 307.300 habitantes em 2001, foi realizado a partir de uma parceria entre Centro de Pesquisa BRASS, da Universidade de Cardiff, Conselho de Cardiff e o Instituto Ambiental de Estocolmo, com duração de 2 anos, a partir de Janeiro/2003 (COLLINS, FLYNN e NETHERWOOD, 2005). Como resultado foi obtido, a PE de 5,59 gha/*per capita* para o ano de 2001, o que significa dizer que se a população mundial possuísse a mesma PE de um morador de Cardiff seriam necessários três planetas Terra (COLLINS, FLYNN e NETHERWOOD, 2005). A Tabela 2, apresenta as categorias de análise, utilizadas no cálculo da PE de Cardiff e suas respectivas PE parcelares.

Categoria	PE (ha/per capita)			
	RMF	DF	Florianópolis	Salvador
Grãos, legumes e frutas	0,14	-	-	0,058
Carne bovina	0,72	0,51	-	0,092
Papel	0,04	0,04	-	0,001
Gasolina	0,38	0,47	0,39	0,006
GLP	0,10	0,11	-	0,002
Resíduo Sólido	0,38	0,09	0,04	0,019
Total	1,76	1,22	0,43	0,178

Tabela 3: Resultados da PE para cada aplicação no Brasil considerada neste estudo

Itens Analisados	PE Total (ha)			
	RMF	Florianópolis	DF	Salvador
Gasolina	0,033	0,050	-	0,006
GLP	0,184	-	0,109	0,002
Resíduo Sólido	0,192	0,207	0,114	0,019
Carne bovina	0,727	-	0,321	0,092
Leite de vaca	0,045	-	-	0,041
Peixe água salgada	0,156	-	-	0,098
Papel	0,021	-	0,021	0,001
TOTAL	1,359	0,257	0,565	0,259

Tabela 4: Valores da PE obtidos a partir de cada autor em análise considerando o consumo e a população de Salvador em 2006

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização da comparação entre os métodos adotados nos estudos em análise, foram consideradas as categorias em comum entre as aplicações selecionadas. Dos três estudos apresentados, apenas Andrade (2006) adotou os fatores de equivalência recomendados pelo método da nação. Os demais estudos foram baseados no método da produtividade local. Dessa forma, os resultados de Andrade (2006) foram considerados nessa comparação sem a multiplicação pelo fator de equivalência de modo a torná-los compatíveis com o método da produtividade local.

A Tabela 3 apresenta os valores parcelares da PE obtidos para cada categoria de análise comum aos estudos realizados no

Brasil e que foram consideradas neste estudo, assim como os resultados obtidos na aplicação realizada para a cidade do Salvador.

Conforme os dados da Tabela 3 indicam, o valor obtido para a PE de Salvador é significativamente inferior aos demais valores das PE apresentados nessa Tabela. Mesmo em relação à PE de Florianópolis, cidade em que são analisadas apenas as categorias gasolina e resíduos sólidos, o valor da PE total de Salvador é menor. Esses valores suscitam questionamentos relevantes sobre o significado dos valores obtidos, tais como: pode-se afirmar que a constatação indica que o padrão de consumo do soteropolitano é baixo? Será que na RMF, por exemplo, o padrão de consumo é muito elevado? Subsidiar a discussão

dessas questões é o propósito maior deste artigo.

Para subsidiar uma resposta a esses questionamentos foi realizado o cálculo da PE estabelecendo-se como variável constante o consumo *per capita* em Salvador no ano de 2006 e aplicando-se os distintos critérios de cálculo dos estudos selecionados. Desse modo, pretende-se evidenciar as diferenças existentes. Os resultados obtidos estão sistematizados na Tabela 4.

Os dados constantes da Tabela 4 correspondem, portanto, aos valores da PE parcelares determinados para a cidade de Salvador, caso fossem adotados os mesmos fatores de conversão, taxa de absorção e emissão de carbono etc. utilizados pelos estudos selecionados. A partir desses dados, procede-se a seguir a uma discussão e análise comparativa dos resultados

Local	Total Emitido (T CO ₂)	PE (ha/per capita)
Gasolina		
RMF	952.784,354	0,033
Florianópolis	1.356.506,54	0,050
Salvador	97.054,6669	0,006
GLP		
RMF	533.735,040	0,184
DF	533.735,040	0,109
Salvador	154.239,178	0,002

Tabela 5: Pegada Ecológica da Gasolina e GLP para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo per capita em Salvador em 2006

Local	Emissão CO ₂ (kg)	PE Total (ha/per capita)
Salvador	1.511.938.446	0,019
DF	555.735.896	0,114
Florianópolis	555.735.896	0,207
RMF	555.735.896	0,192

Tabela 6: Pegada Ecológica dos Resíduos Sólidos nos diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando a geração per capita de resíduos em Salvador em 2006

obtidos por categoria com o objetivo de evidenciar as diferenças observadas para as distintas taxas de emissão, absorção etc. adotadas nos estudos selecionados.

- Gasolina e GLP

Para se determinar a PE da Gasolina e GLP ou a área necessária para assimilar o CO₂ emitido pela queima dos combustíveis fósseis, foram considerados os distintos valores de taxas de emissão de CO₂ para cada combustível, assim como as taxas de absorção do CO₂ pela vegetação e pelo oceano aplicadas nos estudos analisados. Nas aplicações observadas, cada autor adotou valores distintos, conforme mostra a Tabela 5.

Cabe esclarecer que a determinação da PE do consumo de gasolina pelo DF não foi considerada nessa análise diante da impossibilidade de se dispor do valor

da quilometragem exigido para a aplicação do cálculo adotado por Dias (2002) de 24 g de CO₂.km⁻¹ estabelecido pela resolução do Conama nº. 18/86.

A partir da Tabela 5, nota-se que a PE de Salvador foi significativamente inferior nos dois casos (gasolina e GLP). Essa diferença se justifica pelos parâmetros adotados nos diferentes estudos:

Taxa de Emissão CO₂ pela queima da gasolina:

RMF: 3,63 kg CO₂ .L⁻¹ (VINE *et al.*, 1997 *apud* LEITE, 2001).
 Florianópolis: 2,63 kg CO₂ .L⁻¹ (VINE *et al.*, 1991 *apud* DIAS, 2002).
 Salvador: 2,21 kg CO₂.L⁻¹ (CARMO, 2008).

Taxa de Emissão CO₂ pela queima do GLP:

RMF: 88 kg CO₂ /13 kg GLP = 6,77 kg CO₂.kg⁻¹ GLP (DIAS, 1999 *apud* LEITE, 2001).

DF: 88 kg CO₂ /13 kg GLP = 6,77 kg CO₂.kg⁻¹ GLP (DIAS, 2002).

Salvador: 2,92 kg CO₂ /kg GLP (CARMO, 2008).

Taxa de Absorção de CO₂ pela vegetação:

RMF: 1,07 t CO₂ .ha⁻¹ (DAJOZ, 1978 *apud* LEITE, 2001).

Florianópolis: 1 t CO₂ .ha⁻¹ (IPCC, 2001 *apud* ANDRADE, 2006).

DF: 1,8 t CO₂.ha⁻¹ (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

Salvador: 29,36 t CO₂.ha⁻¹ (JUVENAL e MATOS, 2002 *apud* CARMO, 2008).

Taxa de Absorção de CO₂ pelo mar:

Salvador: 33% – referente à média mundial (IPCC, 2001 *apud* MONFREDA, WACKERNAGEL e DEUMILING, 2004).

Estudo	PE (ha/per capita)
Salvador	0,091
DF	0,321
RMF	0,727

Tabela 7: Pegada Ecológica do Consumo de carne Bovina para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo *per capita* em Salvador em 2006

Estudo	PE (há/per capita)
Salvador	0,001
DF	0,021
RMF	0,021

Tabela 8: Pegada Ecológica do Consumo de Papel para os diferentes estudos aplicados no Brasil – considerando o consumo *per capita* em Salvador

Além da redução em 33% devido à contribuição dos oceanos na absorção do CO₂, no cálculo da PE de Salvador foi considerada também uma elevada taxa de absorção de CO₂ pela vegetação, que condiz com a capacidade do ecossistema brasileiro. Para o Canadá, por exemplo, segundo Juvenal e Matos (2002) a referida taxa é de apenas 0,6 T C/ha, ou seja, 2,2 T CO₂/ha. Sendo assim, justifica-se o baixo valor da PE de Salvador para o consumo de gasolina e GLP em relação aos demais estudos em análise aplicados no Brasil.

- Resíduos Sólidos

Para a determinação da área de assimilação de CO₂ emitido pelos aterros sanitários, o cálculo da PE foi realizado considerando-se a geração anual de resíduos sólidos de Salvador nos diferentes estudos. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

A PE de Salvador foi inferior às PE obtidas pelos outros estudos, porque se utilizou uma taxa de absorção pela vegetação muito superior, se comparada aos demais estudos. Utilizou-se também a taxa de absorção pelo mar. Destarte, para Salvador, considerou-se uma

taxa de emissão de CO₂ pelos aterros sanitários maior do que a taxa adotada pelos outros estudos.

Taxa de emissão de CO₂ pelos resíduos no aterro sanitário:

Salvador: 1,34 kg CO₂.kg⁻¹ resíduo sólido (CARMO, 2008).

Outros: 0,33 kg CO₂.kg⁻¹ resíduo sólido ² (DECICCO *et al*, 1991 *apud* DIAS, 2002).

Taxa de absorção de CO₂ pela vegetação:

RMF: 1,07 t CO₂ .ha⁻¹ (DAJOZ, 1978 *apud* Leite, 2001).

Florianópolis: 1 t CO₂ .ha⁻¹ (IPCC, ---- *apud* ANDRADE, 2006).

Distrito federal: 1,8 t CO₂.ha⁻¹ (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

Salvador: 29,36 t CO₂.ha⁻¹ (JUVENAL e MATOS, 2002).

Taxa de absorção de CO₂ pelo mar:

Salvador: 33% – referente à média mundial (IPCC, 2001 *apud* MONFREDA, WACKERNAGEL e DEUMILING, 2004).

² 1,35 kg de resíduo sólido produzem 0,45 kg de CO₂, ou seja, 0,33 kg CO₂/kg resíduo sólido.

Com relação à taxa de emissão de CO₂ pelos resíduos sólidos em decomposição no aterro sanitário, o valor adotado pelo estudo de Salvador partiu de dados locais como pode ser verificado em Carmo (2008). Já os demais autores adotaram um valor correspondente à realidade de outra região que difere da realidade brasileira já que o Brasil possui um clima tropical favorável para os processos de decomposição biológica e, conseqüentemente para a emissão de metano nos aterros. Sendo assim, justifica-se o baixo valor da PE de Salvador para os resíduos sólidos urbanos em relação aos demais estudos em análise aplicados no Brasil.

- Carne bovina

Além do estudo para Salvador, Dias (2002) e Leite (2001) realizaram o cálculo da PE do consumo de carne bovina. Mais uma vez, a PE de Salvador apresentou-se inferior à obtida pelos demais estudos, conforme apresentado na Tabela 7.

A diferença nos parâmetros adotados justifica a discrepância entre os resultados obtidos, especialmente com relação à

capacidade de suporte da área de pastagem:

Peso útil do animal (kg)

Salvador: 210 kg (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997 *apud* EMBRAPA, 2003).

DF: 230 kg (FRIGORÍFICO FRICOPY, -- *apud* DIAS, 2002).

RMF: 33 kg.ha⁻¹ (3) (WACKERNAGEL *et al*, 1999 *apud* LEITE, 2001).

Capacidade de suporte da pastagem (UA/ha)

Salvador: 0,9 UA.ha⁻¹ (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997 *apud* EMBRAPA, 2003).

DF: 4 ha.UA⁻¹, ou seja, 0,25 UA.ha⁻¹ (FRIGORÍFICO FRICOPY; Sindicato Varejista de Carnes Frescas do Distrito Federal e Bastos, 1997 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 33 kg.ha⁻¹ (CES, 1999 *apud* LEITE, 2001), equivalente, aproximadamente, a 6,7 ha.UA⁻¹, ou seja, 0,15 UA.ha⁻¹.

Nesse caso, a fonte de dados adotada por Dias (2002) tende a refletir a realidade local, enquanto que os dados utilizados no estudo de Salvador representam a média nacional e o estudo da RMF, a realidade do México.

Outro aspecto a ser observado é que o gado leiteiro no final de sua vida produtiva é aproveitado para o abate. Desta forma, no cálculo da PE de Salvador esse aspecto foi considerado no sentido de se evitar que houvesse uma superposição de PE (consumo de carne bovina e consumo de leite), isso foi considerado no cálculo desse indicador. Dessa forma, da quantidade de gado de corte calculado na PE do consumo de carne, fez-se uma redução que corresponde a 20% do total do gado leiteiro calculado na PE do consumo de leite. Assim, reduziu-se a PE do consumo de carne bovina. O valor

de 20% foi recomendado por Embrapa, 2008.

• Papel

A PE do consumo de papel em Salvador apresentou valor inferior aos obtidos por Dias (2002) e Leite (2001), conforme pode ser verificado na Tabela 8.

A diferença nos parâmetros adotados justifica a discrepância entre os resultados, especialmente com relação à produtividade da madeira.

Conversão de Papel em Madeira:

Salvador:

480 kg papel/m³ de madeira (BAHIA PULP, 2008).

DF: 1,8 m³ de madeira para 1 t de papel, ou seja, 555 kg papel/m³ de madeira (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 1,8 m³ de madeira para 1 t de papel, ou seja, 555 kg papel/m³ de madeira (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* LEITE, 2001).

Produtividade da madeira:

Salvador: 45 m³/ha/ano - valor médio no Brasil (TONELLO, 2006).

DF: 2,3 m³/ha/ano (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* DIAS, 2002).

RMF: 2,3 m³/ha/ano (REES e WACKERNAGEL, 1996 *apud* LEITE, 2001).

Os fatores de conversão de papel em madeira adotados não foram tão distintos. No entanto, a produtividade da madeira diferiu significativamente. O valor adotado pelo estudo de Salvador foi baseado na realidade brasileira, enquanto que os demais estudos consideraram o valor recomendado por Rees e Wackernagel para florestas tropicais. Por isso, justifica-se a diferença nos valores obtidos.

• Pescado de água salgada

Além do estudo de Salvador, somente a RMF

considerou o consumo de pescado de água salgada no cálculo da PE, sendo os seguintes: RMF 0,153 ha/*per capita* e Salvador 0,098 ha/*per capita*. A diferença observada entre os parâmetros adotados está relacionada à produtividade marítima que RMF adotou 29 kg.ha⁻¹ e o estudo de Salvador adotou 46 kg.ha⁻¹. A fonte usada por Leite (2001) foi a instituição mexicana (CES, 1999 *apud* Leite, 2001), enquanto que para Salvador foi usado um valor estimado a partir da produção local e da área da plataforma continental do município, conforme Carmo (2008).

• Leite de vaca

Além do estudo de Salvador, somente Leite (2001) considerou o consumo de leite de vaca no cálculo da PE. Os valores da PE do consumo de leite para Salvador e RMS foi respectivamente 0,041 ha/*per capita* e 0,045 ha/*per capita*. Observou-se que há diferença entre os parâmetros adotados. O estudo da RMF considerou um fator de conversão de 502 kg para derivado de leite/ha de pastagem, obtido a partir de Wackernagel e outros (1999) *apud* Leite (2001). Já o estudo de Salvador adotou valores específicos para cada tipo de derivado (iogurte, leite em pó, requeijão cremoso, queijo etc.), de acordo com uma tabela de conversão fornecida por Neves *apud* Embrapa (ano desconhecido).

CONCLUSÕES

A PE é considerada como um indicador de sustentabilidade ecológica ou de sustentabilidade do consumo, pois avalia diretamente a pressão exercida sobre os recursos naturais oriunda dos padrões de produção e de consumo, fornecendo, indiretamente, informações de cunho econômico e social. No entanto, vale ressaltar que

³ Nesse caso, o consumo total de carne foi dividido pela produtividade, obtendo-se a área de pastagem.

esse indicador compreende apenas parte do aspecto ecológico.

A comparação realizada entre algumas aplicações da PE em cidades brasileiras evidenciou a necessidade da adoção de fatores de conversão, de produtividade e de taxas de emissões e assimilação de carbonos coerentes com a realidade local, para que assim, possam ser reduzidos os erros associados ao método.

O uso de dados incoerentes com a realidade local muitas vezes se dá devido à ausência de informações atualizadas e consistentes, o que demonstra a fragilidade da gestão da informação no Brasil. Dessa forma, tais situações foram observadas:

- Adoção de dados regionais em detrimento das informações locais;
- Adoção de fatores de conversão e taxas de emissão e de absorção de carbono que não representam as características locais;
- Adoção de um ano de referência muito anterior ao ano de realização da pesquisa;
- Insuficiência de dados para determinadas categorias de análise.

Pelo exposto, não é adequado realizar comparações entre valores de PE total de localidades distintas (valor agregado) e, sim, entre valores parcelares, pois as condições de contorno que envolvem cada cálculo são diferenciadas e, portanto, devem ser reconhecidas para evitar equívocos na interpretação dos resultados. Para tanto, faz-se necessário abrir o memorial de cálculo da PE quando da sua divulgação para que estejam explícitos os critérios adotados nesses cálculos.

A PE deve ser compreendida não apenas como um número agregado para a gestão ambiental (seja de uma cidade, estado ou país), pois o mais

importante é o seu conteúdo, ou seja, cada pegada parcelar e os dados de produção e consumo associados. Sendo assim, torna-se indispensável o estabelecimento de procedimentos de uniformização de critérios para que a PE possa ser comparativa e cumprir suas funções precípuas de indicador.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, M.; SOLERA, G.; TSETSI, V. **La città sostenibile**. Itália: Legambiente, 1994.

ANDRADE, B. B. **Turismo e Sustentabilidade no Município de Florianópolis**: uma Aplicação do Método da Pegada Ecológica. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BAHIA PULP S.A. – Fábrica de Celulose. Publicação Eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <arilmacarmo@yahoo.com.br> em 25 jan. 2008.

BELLEN, H. M. V.. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 256 p.

CARMO, A. O. **Pegada Ecológica**: Possibilidades e Limitações a partir de sua Aplicação para a Cidade do Salvador-Ba. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Bahia, 2008.

COLLINS, A.; FLYNN, A.; NETHERWOOD, A. **Reducing Cardiff's Ecological Footprint. A resource accounting tool for sustainable consumption**. March, 2005. Disponível em: <http://www.cardiff.gov.uk/content.asp?Parent_Directory_id=2865&nav=2870,3148,4119> Acessado em: 13 out. 2007.

DIAS, G. F. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. As Dimensões Humanas das Alterações Globais – Um Estudo de Caso Brasileiro (Como o Metabolismo Ecossistêmico Urbano Contribui para as Alterações Ambientais Globais). São Paulo: Gaia, 2002.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Pecuária Sudeste. **Produção de Carne em Pastagens Adubadas**. Corrêa, L. A.; Santos, P. M. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorde/BovinoCorteRegiaoSudeste/producaoocarne.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2007.

_____. Embrapa Gado de Leite. **Índices para a conversão de produtos lácteos em equivalente leite de origem**. Ano desconhecido. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/industria/tabela0430.php>> Acesso em: 15 nov. 2007.

_____. Publicação Eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <arilmacarmo@yahoo.com.br> em 20 fev. 2008.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. 2002. n. 2. 195 p.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

LEITE, A.M.F. **Estudo de Sustentabilidade Sócio-Ecológico Urbano através da Pegada ecológica**: região metropolitana de Fortaleza/CE. 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

MONFREDA, C., WACKERNAGEL, M. & DEUMLING, D. 2004. **Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments.** Land Use Policy, 21, p. 231-246, 2004.

MORAN, D. M. WACKERNAGEL, M; KITZES, J.A; *et al.* **Measuring sustainable development — Nation by nation.** Ecological Economics (2007), doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.08.017.

REES, W. E. **Eco-footprint analysis: merits and brickbats.** COMMENTARY FORUM: THE ECOLOGICAL FOOTPRINT. Ecological Economics, 32 (2000) 371-374.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. **Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are the key to sustainability.** Elsevier Science Inc. Environ Impact Assess Rev 1996; 16:223-248.

TONELLO, K. C. *et al.* **O Destaque Econômico do Setor Florestal Brasileiro.** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2006. Disponível em: <<http://www.cori.unicamp.br/CT2006/trabalhos/O%20DESTAQUE%20ECONOMICODOC>>. Acesso em: 06 nov. 2007.

WACKERNAGEL, M. SILVERSTEIN, Judith. **Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint.** COMMENTARY FORUM: THE ECOLOGICAL FOOTPRINT. Ecological Economics 32 (2000) 391–394.

WACKERNAGEL, M.; KITZES, J. MORAN, D. *et al.* **The Ecological Footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand.** Environment & Urbanization. Vol. 18, No 1, April 2006.