



3rd
INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

Contabilidade Ambiental do ABC Paulista Utilizando a Síntese em Energia

Autores:

Prof. Fábio Sevegnani – Universidade Paulista

Profa. Dra. Cecília M. V. B. de Almeida – Universidade Paulista

Prof. Pedro Frugoli – Universidade Paulista

Maio - 2011

Introdução



- As **idades** podem ser consideradas como **organismos centralizadores de diversas atividades** representando-se na biosfera como **grandes consumidores de recursos e serviços ambientais** que muitas vezes não se encontram dentro de seus limites.
- A existência e manutenção de uma cidade e sua estrutura interna dependem do fluxo de produtos e serviços para dentro, para fora e através da cidade (Huang et al. 2009).
- A avaliação da emergência de estados, nações e seus recursos base dá uma perspectiva de grande escala para avaliação de áreas ambientais e ajuda a selecionar políticas para benefício público (Odum, 1996).
- O ABC é importante pólo industrial, tecnológico e de moradia sendo uma região de suporte bastante importante da Grande São Paulo, merecendo um estudo mais abrangente com relação à sustentabilidade ambiental.

Objetivo



- Este trabalho apresenta um estudo preliminar de sustentabilidade do ABC Paulista utilizando a contabilidade em energia para avaliar as entradas de recursos locais renováveis e comprados necessárias para a manutenção das atividades urbanas. Ao final é feita uma avaliação dos resultados com base nos PIBs e IDHs de cada município.

Metodologia



- A contabilidade em emergia é um sistema de avaliação com base científica capaz de representar tanto valores ambientais e econômicos em uma métrica comum.
- **Emergia**, escrita com 'm', é a memória de energia ou o total de energia incorporada em um produto ou serviço. É definida como a soma de toda energia necessária direta ou indiretamente para gerar um produto ou serviço (Odum, 1996)
- As contribuições de energia para gerar um produto ou serviço são expressas em uma base comum (equivalente solar em Joule, seJ) permitindo sua contabilização.
- A **transformidade** mede a relação entre emergia e energia, sendo que é a eMergia necessária para obter 1 J de um produto ou serviço direta ou indiretamente (Giannetti et al., 2006)

Metodologia



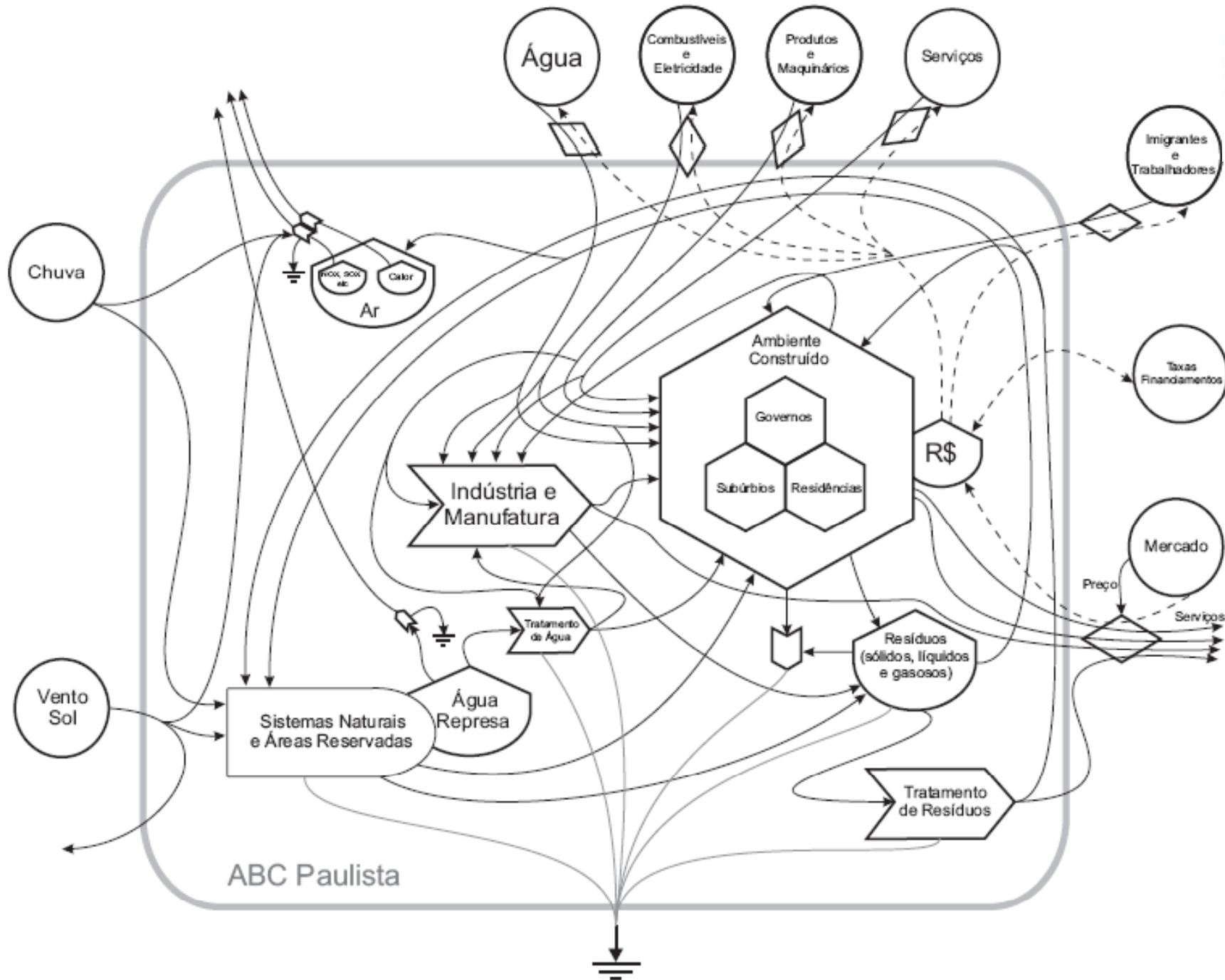
- O Produto Interno Bruto (PIB) é uma métrica que reconhece o crescimento econômico como uma força direcionadora do desenvolvimento sustentável (Beckermann, 1992).
- O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma métrica social que considera o desenvolvimento sustentável ligado ao desenvolvimento humano.

Diagrama de fluxos de energia



- A contabilidade em energia é iniciada através da construção de um diagrama de fluxos de energia.
- No diagrama são identificados fluxos de recursos renováveis (R), não renováveis (N) e importados (F).

Diagrama de fluxos de energia



Resultados e Discussões



- Pela observação das tabelas pode-se perceber que:
 - São Bernardo do Campo e Santo André contribuem com parcelas similares (44% e 47%, respectivamente), e São Caetano do Sul, o menor em área, contribui com os 9% restantes
 - Dentre os recursos renováveis contabilizados (chuva e calor geotérmico), a chuva contribui com a operação deste centro urbano com mais de 85% seJ/seJ e cada município recebe de 8% até 14% de recursos renováveis na forma de calor geotérmico.
 - A eletricidade representa 65% do total de energia do ABC e entre os combustíveis (34% seJ/seJ), o gás natural é a principal entrada correspondendo a 14% da energia total.

Resultados e Discussões



Tabela 1 – Contabilidade em energia de Santo André

Item	Descrição	Unidade	Valor Bruto	Transformidade (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	Ref.
Renováveis (R)						
1(*)	Energia Solar	J/ano	$7,55 \times 10^{17}$	1	$7,55 \times 10^{17}$	Odum, 1996
2	Chuva (Química)	J/ano	$2,68 \times 10^{15}$	$3,05 \times 10^{04}$	$8,17 \times 10^{19}$	Odum, 1996
3	Chuva (Geopotencial)	J/ano	$2,60 \times 10^{15}$	$4,70 \times 10^{04}$	$1,22 \times 10^{20}$	Odum, 1996
4(*)	Vento	J/ano	$3,33 \times 10^{14}$	$2,45 \times 10^{03}$	$8,17 \times 10^{17}$	Odum, 1996
5	Calor Geotérmico	J/ano	$2,98 \times 10^{14}$	$5,80 \times 10^{04}$	$1,73 \times 10^{19}$	Odum, 1996
Total de recursos renováveis (R)					$2,21 \times 10^{20}$	
Comprados (F)						
6	Combustíveis					
6a	Gás Natural	J/ano	$1,14 \times 10^{16}$	$8,06 \times 10^{04}$	$9,20 \times 10^{20}$	Odum, 1996
6b	Gasolina	J/ano	$4,63 \times 10^{15}$	$6,60 \times 10^{04}$	$3,06 \times 10^{20}$	Giannetti et al., 2006
6c	Óleo Diesel	J/ano	$2,23 \times 10^{15}$	$1,11 \times 10^{05}$	$2,48 \times 10^{20}$	Odum, 1996
6d	Etanol	J/ano	$2,15 \times 10^{15}$	$4,87 \times 10^{04}$	$1,04 \times 10^{20}$	Pereira et al., 2009
7	Eletricidade	J/ano	$9,97 \times 10^{15}$	$2,77 \times 10^{05}$	$2,76 \times 10^{21}$	Odum, 1996
8	Água tratada	m ³ /ano	$5,84 \times 10^{07}$	$7,75 \times 10^{11}$	$4,53 \times 10^{19}$	Buenfil, 2001
Total de recursos comprados (F)					$4,38 \times 10^{21}$	

Resultados e Discussões



Tabela 2 – Contabilidade em energia de São Bernardo do Campo

Item	Descrição	Unidade	Valor Bruto	Transformidade (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	Ref.
Renováveis (R)						
1(*)	Energia Solar	J/ano	$1,75 \times 10^{18}$	1	$1,75 \times 10^{18}$	Odum, 1996
2	Chuva (Química)	J/ano	$3,08 \times 10^{15}$	$3,05 \times 10^{04}$	$9,40 \times 10^{19}$	Odum, 1996
3	Chuva (Geopotencial)	J/ano	$3,08 \times 10^{15}$	$4,70 \times 10^{04}$	$1,45 \times 10^{20}$	Odum, 1996
4(*)	Vento	J/ano	$7,73 \times 10^{14}$	$2,45 \times 10^{03}$	$1,89 \times 10^{18}$	Odum, 1996
5	Calor Geotérmico	J/ano	$6,91 \times 10^{14}$	$5,80 \times 10^{04}$	$4,01 \times 10^{19}$	Odum, 1996
Total de recursos renováveis (R)					$2,79 \times 10^{20}$	
Comprados (F)						
6	Combustíveis					
6a	Gás Natural	J/ano	$4,05 \times 10^{15}$	$8,06 \times 10^{04}$	$3,26 \times 10^{20}$	Odum, 1996
6b	Gasolina	J/ano	$4,93 \times 10^{15}$	$6,60 \times 10^{04}$	$3,25 \times 10^{20}$	Giannetti et al., 2006
6c	Óleo Diesel	J/ano	$5,22 \times 10^{15}$	$1,11 \times 10^{05}$	$5,79 \times 10^{20}$	Odum, 1996
6d	Etanol	J/ano	$2,21 \times 10^{15}$	$4,87 \times 10^{04}$	$1,07 \times 10^{20}$	Pereira et al., 2009
7	Eletricidade	J/ano	$9,53 \times 10^{15}$	$2,77 \times 10^{05}$	$2,64 \times 10^{21}$	Odum, 1996
8	Água tratada	m ³ /ano	$7,03 \times 10^{07}$	$7,75 \times 10^{11}$	$5,45 \times 10^{19}$	Buenfil, 2001
Total de recursos comprados (F)					$4,03 \times 10^{21}$	

Resultados e Discussões



Tabela 3 – Contabilidade em energia de São Caetano do Sul

Item	Descrição	Unidade	Valor Bruto	Transformidade (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	Ref.
Renováveis (R)						
1(*)	Energia Solar	J/ano	$6,47 \times 10^{16}$	1	$6,47 \times 10^{16}$	Odum, 1996
2	Chuva (Química)	J/ano	$9,78 \times 10^{13}$	$3,05 \times 10^{04}$	$2,98 \times 10^{18}$	Odum, 1996
3	Chuva (Geopotencial)	J/ano	$1,84 \times 10^{14}$	$4,70 \times 10^{04}$	$8,66 \times 10^{18}$	Odum, 1996
4(*)	Vento	J/ano	$2,86 \times 10^{13}$	$2,45 \times 10^{03}$	$7,00 \times 10^{16}$	Odum, 1996
5	Calor Geotérmico	J/ano	$2,55 \times 10^{13}$	$5,80 \times 10^{04}$	$1,48 \times 10^{18}$	Odum, 1996
Total de recursos renováveis (R)					$1,31 \times 10^{19}$	
Comprados (F)						
6	Combustíveis					
6a	Gás Natural	J/ano	$8,43 \times 10^{14}$	$8,06 \times 10^{04}$	$6,79 \times 10^{19}$	Odum, 1996
6b	Gasolina	J/ano	$1,53 \times 10^{15}$	$6,60 \times 10^{04}$	$1,01 \times 10^{20}$	Giannetti et al., 2006
6c	Óleo Diesel	J/ano	$7,04 \times 10^{14}$	$1,11 \times 10^{05}$	$7,81 \times 10^{19}$	Odum, 1996
6d	Etanol	J/ano	$7,84 \times 10^{14}$	$4,87 \times 10^{04}$	$3,82 \times 10^{19}$	Pereira et al., 2009
7	Eletricidade	J/ano	$2,28 \times 10^{15}$	$2,77 \times 10^{05}$	$6,31 \times 10^{20}$	Odum, 1996
8	Água tratada	m ³ /ano	$1,32 \times 10^{07}$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,02 \times 10^{19}$	Buenfil, 2001
Total de recursos comprados (F)					$9,26 \times 10^{20}$	

Resultados e Discussões



Tabela 4 – Contabilidade em energia do ABC Paulista

Item	Descrição	Unidade	Valor Bruto	Transformidade (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	Ref.
Renováveis (R)						
1(*)	Energia Solar	J/ano	$2,57 \times 10^{18}$	1	$6,47 \times 10^{18}$	Odum, 1996
2	Chuva (Química)	J/ano	$5,86 \times 10^{15}$	$3,05 \times 10^{04}$	$2,98 \times 10^{20}$	Odum, 1996
3	Chuva (Geopotencial)	J/ano	$5,86 \times 10^{15}$	$4,70 \times 10^{04}$	$8,66 \times 10^{20}$	Odum, 1996
4(*)	Vento	J/ano	$1,13 \times 10^{15}$	$2,45 \times 10^{03}$	$7,00 \times 10^{18}$	Odum, 1996
5	Calor Geotérmico	J/ano	$1,01 \times 10^{15}$	$5,80 \times 10^{04}$	$1,48 \times 10^{19}$	Odum, 1996
Total de recursos renováveis (R)					$1,31 \times 10^{20}$	
Comprados (F)						
6	Combustíveis					
6a	Gás Natural	J/ano	$1,63 \times 10^{16}$	$8,06 \times 10^{04}$	$1,31 \times 10^{21}$	Odum, 1996
6b	Gasolina	J/ano	$1,11 \times 10^{16}$	$6,60 \times 10^{04}$	$7,33 \times 10^{20}$	Giannetti et al., 2006
6c	Óleo Diesel	J/ano	$8,15 \times 10^{15}$	$1,11 \times 10^{05}$	$9,05 \times 10^{20}$	Odum, 1996
6d	Etanol	J/ano	$5,14 \times 10^{15}$	$4,87 \times 10^{04}$	$2,50 \times 10^{20}$	Pereira et al., 2009
7	Eletricidade	J/ano	$2,18 \times 10^{16}$	$2,77 \times 10^{05}$	$6,04 \times 10^{21}$	Odum, 1996
8	Água tratada	m ³ /ano	$1,42 \times 10^{08}$	$7,75 \times 10^{11}$	$1,10 \times 10^{20}$	Buenfil, 2001
Total de recursos comprados (F)					$9,35 \times 10^{21}$	

Resultados e Discussões

Energia anual dos municípios do ABC Paulista

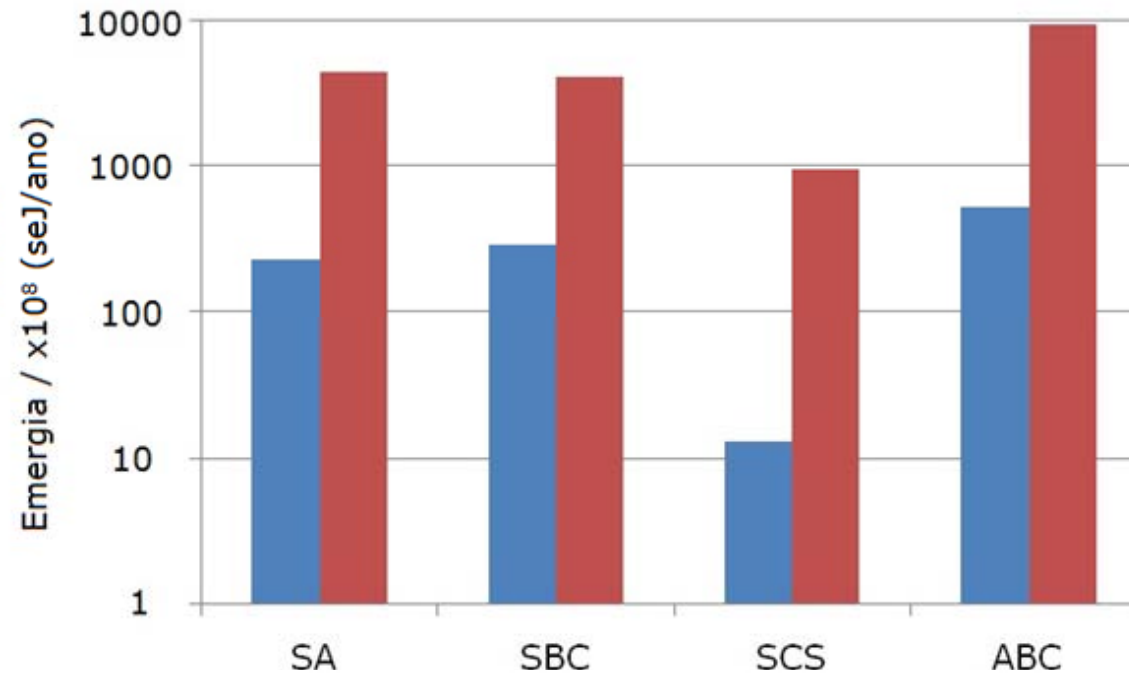


Fig. 2. Valores totais de energia anual de recursos renováveis (R) e comprados (F) para os municípios do ABC Paulista, onde SA = Santo André, SBC = São Bernardo do Campo e SCS = São Caetano do Sul

- Os municípios dependem muito mais dos recursos comprados (F) do que de seus próprios recursos renováveis. A porcentagem de contribuição de recursos renováveis é de menos de 7% seJ/seJ para todos os municípios. Esta é uma característica comum de centros urbanos que concentram atividades que necessitam de recursos provenientes de várias localizações vindos de fora de seus limites.

Resultados e Discussões

Energia per capita anual dos municípios do ABC Paulista

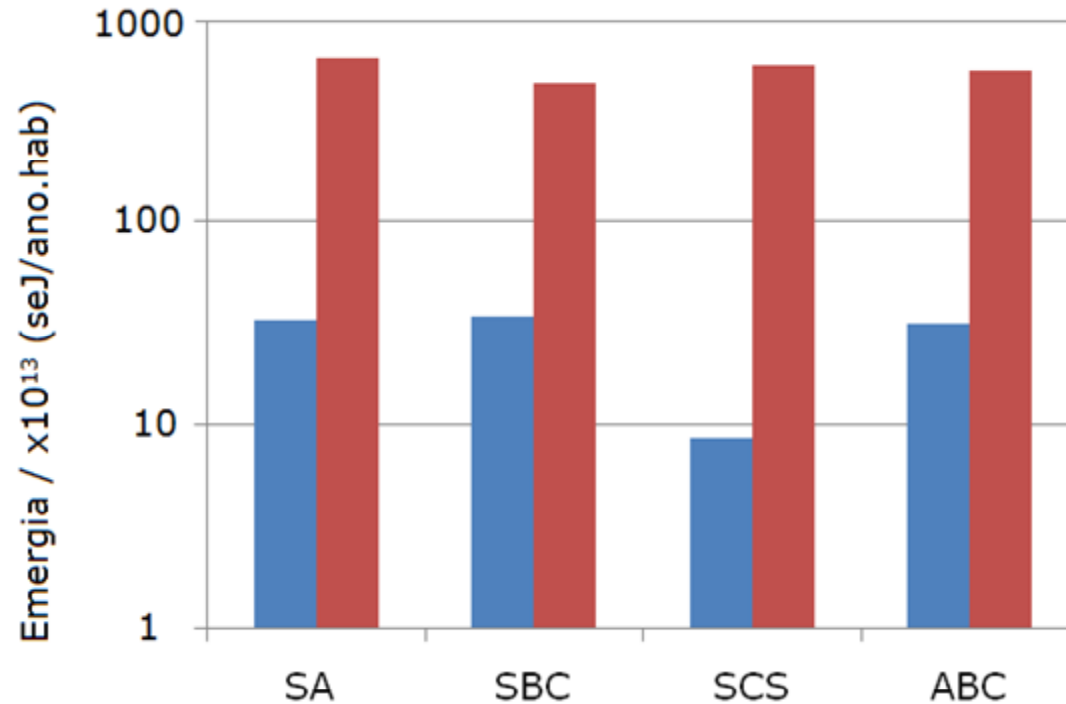


Fig. 3. Valores de energia per capita anual de recursos renováveis (R) e comprados (F) para os municípios do ABC Paulista, onde SA = Santo André, SBC = São Bernardo do Campo e SCS = São Caetano do Sul

- A população de São Caetano do Sul recebe menos recursos renováveis que os habitantes de Santo André e São Bernardo do Campo, que são mais populosos.
- A população de São Caetano do Sul recebe menos recursos renováveis que os habitantes de Santo André e São Bernardo do Campo, que são mais populosos.

Resultados e Discussões



Tabela 5 – Valores de PIB e IDH para os municípios do ABC Paulista (IBGE e PNUD)

Município	PIB (2008) (mil reais R\$)	PIB (2008) per capita (R\$)	IDH (2000)
Santo André	13.446.559	20.018,82	0,835
São Bernardo do Campo	29.872.572	37.267,11	0,834
São Caetano do Sul	10.178.501	67.361,35	0,919

- A interpretação às vistas do desenvolvimento feitas pelo PIB e pelo IDH confrontada com a interpretação às vistas da sustentabilidade feita pela contabilidade ambiental em emergia é bastante díspar.

- Exemplo: São Caetano do Sul

- IDH é bastante alto e que o PIB per capita é o maior dos três municípios que compõem o ABC Paulista.

- Sob o ponto de vista da contabilidade ambiental em emergia, SCS é o que menos se beneficia em termos de emergia per capita vinda de recursos renováveis.

Conclusões



- As cidades, que são entendidas como organismos centralizadores de diversas atividades, dependem de uma área de suporte maior do que sua própria área para manter suas atividades.
- A população de São Caetano do Sul usufrui de menos benefícios comparada com a população de outros municípios.
- A parcela de energia renovável per capita de Santo André é ligeiramente menor que a de São Bernardo do Campo. No entanto, São Caetano do Sul tem aproximadamente quatro vezes menos recursos renováveis per capita que os outros dois municípios que formam o ABC Paulista.

Conclusões



- Os valores de PIB e IDH dos municípios do ABC Paulista são comparáveis aos valores encontrados para países vistos como desenvolvidos que de forma similar utilizam muitos recursos comprados (F) para sustentar suas atividades. Por outro lado, dentro do contexto brasileiro em que a porcentagem de renováveis é bastante alta para a maioria dos municípios, os municípios do ABC Paulista podem ser comparados apenas aos grandes centros urbanos brasileiros sendo que os valores encontrados (tanto PIB e IDH quanto %R utilizados) não representam a média dos municípios brasileiros.

Referências Bibliográficas



- Ascione, M., Campanella L., Cherubini, F., Ulgiati, S., Environmental driving forces of urban growth and development. An emergy-based assessment of the city of Rome, Italy. *Landscape and Urban Planning* 93, 2009, 238-249.
- Buenfil, A.A. *Emergy Evaluation of water*. 248 p. Thesis – University of Florida, USA, 2001.
- Beckermann, W., 1992. Economic growth and the environment: whose growth? Whose environment? *World Development* 20, 481–496.
- Daly, H.E., *Elements of environmental macroeconomics*, Columbia University Press, New York 1991. In: Costanza, R. (Ed.), *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*.
- Giannetti, B.F., Barella, F.A., Almeida, C.M.V.B., A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. *Journal of Cleaner Production* 14, 2006, 201-210.
- Giannetti, B.F., Almeida, C.M.V.B., Bonilla, S.H., Comparing emergy accounting with well-known sustainability metrics: The case of Southern Cone Common Market, Mercosur. *Energy Policy* 38, 2010, 3518-3526.
- Huang, S.-L., Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. *Journal of Environmental Management* 52, 1998.
- Huang, S.-L., Chen, C.-W., Urbanization and Socioeconomic Metabolism in Taipei, *Journal of Industrial Ecology* 13, 2009, 75-93.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, www.ibge.gov.br última consulta Março/2011.
- Lei, K., Wang, Z., Ton, S., Holistic emergy analysis of Macao. *Ecological Engineering* 32, 2008, 30-43.
- NEAD – National Environmental Accounting Database - http://sahel.ees.ufl.edu/frame_database_resources_test.php?search_type=basic&country=BRA última consulta Março/2011.
- Odum, H.T., *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*, John Wiley, 1996, 1, 182.
- Pereira, C.L.F., Ortega, E., Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. *Journal of Cleaner Production*, 2009, 1-6
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2000/> última consulta Março/2011.
- Pulselli, R. M., Rustici, M., Marchettini, N., An integrated framework for regional studies: Emergy based spatial analysis of the province of Cagliari. *Environmental Monitoring and Assessment* 133, 2007, 1-13.
- Zhang, Y., Yang, Z., Yu, X., Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China). *Ecological Modelling* 220, 2009, 1690-1696.