



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

QUEBRANDO PARADÍGMAS NO ENSINO DE ENGENHARIA COM A INSERÇÃO DOS CONCEITOS E PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE MENSURAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SÓCIO-AMBIENTAL SUSTENTÁVEL.

Francisco J. C. Araújo - paco51@uol.com.br

Escola Politécnica - Universidade de Pernambuco. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
Rua Prof. Francisco Figueiredo, 84 – Madalena.
CEP: 50.830-730 - Recife – PE.

Paulo J. Adissi - adissi@ct.ufpb.br

Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia de Produção.
Campus Universitário.
CEP 58.059-900 – João Pessoa – PB.

Henio N. de S. Melo - henio@eq.ufrn.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Engenharia Química.
Rua Maxaranguape, 910 apt. 901 - Tirol.
CEP 59.020-160 – Natal - RN.

Yara M. B. M. de Oliveira - yaraoliveira@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie.
Rua Consolação, 930 – Edifício João Calvino, 8º. Andar. Consolação.
CEP 01.302-907 – São Paulo – SP.

Aurino C. de B. Nunes – acbn@globo.com

Agespisa – Águas e Esgotos do Piauí S/A
Av. Vilnari, 2416 apt. 1402 - São Cristóvão
CEP 64051-120 – Teresina - PI

Marcus A. V. Araújo – marcus-recife@uol.com.br

Universidade Federal de Pernambuco – PROPAD.
Campus Universitário – Cidade Universitária.
CEP 50.000-000 – Recife – PE.

Resumo: *Nesse início de século XXI presencia-se a desenvoltura e fortalecimento da consciência coletiva da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento. O agravamento da crise ambiental, adicionado com a reflexão sistemática sobre a influência da sociedade neste processo, conduziu ao aprofundamento do conceito de desenvolvimento sócio-ambiental sustentável. A evolução do estudo desse conceito não veio acompanhada de uma discussão crítica consistente a respeito do seu significado efetivo e das medidas necessárias para alcançá-lo. Em não existindo consenso acerca desse conceito, vislumbra-se uma disparidade conceitual considerável nas discussões*

referentes à avaliação da sustentabilidade sócio-ambiental do desenvolvimento. Nesse contexto, mister se faz refletir profundamente nos cursos de engenharia essa mudança de paradigmas, bem como as principais ferramentas de mensuração, considerando a extraordinária capacidade do engenheiro de propiciar, com suas ações, durante o exercício profissional, o efetivo desenvolvimento sócio-ambiental sustentável.

Palavras-chave: *Sustentabilidade; Desenvolvimento sócio-ambiental sustentável; gestão ambiental; Ensino de Engenharia ambiental.*

1. INTRODUÇÃO

Vive-se num período de mutação de conceitos e paradigmas. Uma mudança de sociedade urbano-industrial para uma sociedade de cunho pós-industrial. Há quem tipifique essa transição como sendo de uma sociedade capitalista para uma sociedade pós-capitalista (DRUCKER, 1993). Conjetura-se também que está ocorrendo uma transição da ciência moderna para a ciência pós-moderna (SANTOS, 1989). É uma transformação que se apresenta nas diversas faces de uma crise oriunda da mudança do paradigma ora vigente para um novo paradigma: a possibilidade de se alcançar o desenvolvimento sustentável em setores estratégicos.

A intersecção entre a sustentabilidade e a competitividade brota no processo de transformações no modelo de desenvolvimento na década de 60. Nos anos 70, enormes transformações caracterizaram a reestruturação mundial do capitalismo (MATTOSO, 1995, p.62). Essa mudança de rumos leva à reestruturação econômica de países, tanto na sua cadeia produtiva como na condição econômico-financeira das empresas (COUTINHO E FERRAZ, 1994). Isso levou a reduzir drasticamente os desperdícios para se atingir o máximo de economicidade. Aprimoraram-se substancialmente a produtividade, propiciando incrementos consideráveis nos ativos financeiros das empresas. Nesse cenário, aconteceu a conferência de Estocolmo em 1972 e a publicação do relatório de Meadows do Clube de Roma, apontando os Limites do Crescimento. Esses fatos aconteceram devido à ressonância dos debates em torno dos questionamentos acerca dos perigos da crescente degradação ambiental que ocorriam desde a década de 60. No bojo desses questionamentos, surge o Relatório Brundland afirmando que: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades...” (BRUNDLAND, 1991, p.46).

As crises ambientais, econômica e social, colocaram em dúvidas as teorias generalizadoras e progressivas do desenvolvimento da gestão sócio-ambiental da energia e do progresso associado à implementação de empreendimentos no setor elétrico brasileiro. Essas crises e a evolução social das sociedades modernas do século passado esgotaram a força mobilizadora destas idéias.

Todavia, nos anos cinquenta, a crise econômica dos países subdesenvolvidos mostrou que o progresso não era uma virtude natural que todos os sistemas econômicos e todas as sociedades humanas possuíam. Na década seguinte, a via de desenvolvimento proposta aos países sub-desenvolvidos foi tomada emprestada daquela seguida pelas nações ocidentais, hoje tidas como desenvolvidas industrialmente.

Aos países menos favorecidos pelo crescimento econômico, era necessário imitar o processo de industrialização praticado nos países ditos desenvolvidos. O problema então consistia na forma de transferir esse processo dos países desenvolvidos para os sub-

desenvolvidos. Esse paradigma suscitou inúmeras teorias e lamentavelmente nenhuma se apresentou realmente eficaz.

Por outro lado, a fronteira entre modernização e desenvolvimento sempre foi muito nebulosa. A modernização indica a capacidade que tem um sistema social de produzir a modernidade, enquanto que o desenvolvimento corresponde à vontade dos diferentes atores sociais ou políticos de mudar a sociedade. Por isso, a modernização é um processo e desenvolvimento é uma política.

Propõe-se então em relação à gestão sócio-ambiental e dos recursos naturais não-renováveis, uma postura mais conservacionista e preservacionista, induzindo a um desenvolvimento e à exploração dos recursos de forma sustentável, sem abrir mão da modernização tão necessária à evolução do ser humano.

Isso vislumbra a possibilidade de se instaurar um novo modelo de desenvolvimento ou de organização social desenvolvimentista e modernizadora, que tenha uns lastros sociais, econômicos, culturais e ambientais devidamente sustentáveis.

2. METODOLOGIA

Dispõe-se de várias ferramentas que se propõem avaliar o grau de sustentabilidade do desenvolvimento, porém se desconhecem as principais características destas ferramentas com precisão. Este trabalho busca, além de discutir os conceitos de sustentabilidade, proceder à discussão acerca de alguns dos seus procedimentos de aferição.

O trabalho estrutura-se inicialmente em uma pesquisa documental e bibliográfica, contendo uma relação dos principais sistemas indicadores de sustentabilidade que vêm sendo desenvolvidos e utilizados mais amiúde. Tecem-se então, comentários de forma individual, sobre cada uma das ferramentas mais usuais.

Para subsidiar esse trabalho, usou-se textos e artigos provenientes dos institutos e dos autores que desenvolveram as metodologias elencadas. Utilizou-se também artigos e documentos de outros autores e instituições quando estes textos mencionavam a ferramenta estudada.

3. DISCUSSÃO DOS CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE

Nesses novos tempos, a humanidade estrutura-se para o grande desafio de administrar os recursos não renováveis que se tornarão cada vez mais escassos, face à demanda cada vez maior de uso dos mesmos. Mais do que a gestão dos recursos não renováveis em si, a necessidade e a exigência de fazê-lo dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável, aumenta substancialmente essa responsabilidade.

Entretanto, não se pode esquecer que, direta ou indiretamente, seja de forma especificamente técnica ou de forma mais genérica, o homem é o objeto final da ciência e, portanto, também o é a sua relação com o meio ambiente. Assim, de alguma forma, diversas áreas das ciências abordam a questão ambiental e isso remete para almejar-se um satisfatório gerenciamento da questão ambiental.

Por outro lado, o significado das variáveis ambientais enquanto valor de mercado na economia globalizada pode ser expresso pelo indicativo amplamente divulgado, de que quase a metade da produção líquida primária terrestre da biosfera, em termos de apropriação de recursos naturais e energia, já está comprometida para o consumo humano, tornando-se cada vez mais escassa.

Dados o interesse manifesto no PFOINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, vislumbra-se muitas oportunidades, mas abre-se espaço pra discussões sobre como ampliar o uso dessas fontes de forma gradual, considerando seu impacto de contratação na formação

da tarifa de suprimento e o índice progressivo de nacionalização das tecnologias, no contexto de oportunizar alternativas energéticas sustentáveis no país.

Mister se faz buscar definir os problemas presentes e futuros a serem enfrentados pela sociedade, na conjuntura atual de mudanças e da permanente busca do desenvolvimento sustentado na sociedade contemporânea. Para enriquecer debates e ações necessários para haver mutação de paradigma que privilegie o desenvolvimento sustentável, é mister estudar a conjuntura presente, identificando os condicionantes presentes e as novas chances realizáveis para o futuro.

Nesse escopo, estuda-se o panorama mundial e enquadra-se o mesmo para a situação brasileira. Faz-se então um balanço de questionamentos teóricos com práticos, buscando envolver os interesses dos atores sociais na conjuntura presente e futura, almejando-se uma gestão sócio-ambiental responsável.

Desaconselha-se o uso de soluções importadas de projetos de outra natureza, requerendo-se o desenvolvimento de métodos compatíveis aos recursos disponíveis e às peculiaridades locais, bem como às capacidades técnicas e gerenciais brasileiras. A questão educacional é de suma importância no sucesso da gestão sócio-ambiental sustentável, buscando-se manter sempre treinados todos os atores sociais envolvidos, permitindo dessa forma uma plena utilização da capacidade intelectual dos participantes, independentemente de suas condições sócio-culturais. O entrosamento efetivo de todos os grupos organizados ou não, que tenham algum interesse em alcançar a meta da sustentabilidade é extremamente profícuo. O envolvimento do poder público contribui decisivamente na solução pacífica dos conflitos e ainda propicia contínua fonte de informação acerca do estado ambiental da área em estudo bem como na percepção social conjuntural.

A implantação e implementação de Sistemas de Gestão Ambiental, com a aplicação de modernas metodologias de avaliação de impactos ambientais, permitem, desde o planejamento até a sua operação, estabelecer diretrizes que permitam conciliar o desenvolvimento econômico e social com a conservação dos recursos naturais pertinentes e por conseguinte, o desenvolvimento sócio-ambiental sustentável.

A concepção de desenvolvimento sustentável é o sustentáculo de novo projeto para a sociedade, com condições de propiciar, no presente e no futuro, a sobrevivência da natureza e por conseguinte dos grupos sociais.

A noção de desenvolvimento sustentável tem como uma de suas premissas fundamentais o reconhecimento da “insustentabilidade” ou inadequações econômicas, sociais e ambientais do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas. Esta noção nasce da compreensão da finitude dos recursos naturais e das injustiças sociais provocadas pelo modelo de desenvolvimento praticado na grande maioria dos países, especialmente aqueles ditos desenvolvidos.

Outra questão crucial que se apresenta é a dúvida se existe a possibilidade de existir desenvolvimento sustentável sem igualdade social. É irreconciliáveis o desenvolvimento do capitalismo com a sustentabilidade? Por enquanto nada indica que não possa existir um desenvolvimento sustentável do capitalismo. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável expressa a extensão da tomada de consciência das elites sobre a problemática dos limites naturais. O qualificativo de sustentável é um aperfeiçoamento do conceito de desenvolvimento ou estaríamos reconhecendo a necessidade de sua negação/superação? (VEIGA, 1993. p. 149).

Outro aspecto a ser analisado são os paradigmas ambientais predominantes nas empresas de modo geral. Segundo Giacomini Filho (2004), se há um consenso no plano ambiental e empresarial é o de que as empresas só se mobilizam para praticar ações de proteção do ambiente sob pressões. Por outro lado, Ottman (1994), destaca que a seqüência de experiências negativas que o cidadão observa em comparação com aquilo que o empresário

diz e faz pelo meio ambiente afeta proporcionalmente sua credibilidade e o discurso empresarial como um todo. Por isso, paralelamente a novas posturas ambientalmente corretas, faz necessário ações de marketing ambiental eficazes. Uma nova ordem, mesmo que timidamente percebida pelas instituições, passa a fazer pender para o ambientalismo algumas ações de marketing que muitas empresas já interpretam como “oportunidades” (GIACOMINI FILHO, 2004).

4. PROCEDIMENTOS DE MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

4.1 O Ecological Footprint Method

Um dos métodos mais usados pelos especialistas é *Ecological Footprint Method*. Mesmo não sendo esse método o primeiro que aborde explicitamente este conceito, observa-se que foi ele que marcou a inicialização de inúmeros trabalhos de cientistas e organizações no desenvolvimento desse procedimento.

Inúmeros ambientalistas comungam a idéia que uma ferramenta de avaliação pode ajudar a transformar a preocupação com a sustentabilidade em uma ação pública consistente. O procedimento elaborado por Wackernagel & Rees (1996) chama-se *Ecological Footprint Method*, traduzindo-se por "pegada ecológica". Dessa feita, entende-se que *Ecological Footprint Method* representa o espaço ecológico equivalente para representar um determinado sistema ou unidade. Esta técnica é vista pelos especialistas tanto analítica quanto como educacional, pois não só analisa a sustentabilidade das atividades humanas como também oferece grande contribuição para a elaboração de consciência pública concernente aos problemas ambientais e oferece ajuda no processo decisório. Essa ferramenta ajuda a consolidar a visão da dependência da sociedade humana em relação a seu ecossistema.

Define-se o *Ecological Footprint* como sendo a área de ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma determinada população ou sistema. O método representa a apropriação de uma determinada população sobre a capacidade de carga do sistema total (WACKERNAGEL & REES, 1996; CHAMBERS et al., 2000).

Sucintamente, essa ferramenta define a área necessária para manter uma determinada população ou sistema econômico indefinidamente, propiciando:

- Energia e recursos naturais
- Capacidade de absorver os resíduos ou detritos do sistema.

O *Ecological Footprint Method* completo deve incluir tanto a área de terra exigida direta e indiretamente para atender o consumo de energia e recursos, como também a área perdida de produção de biodiversidade em função de contaminação, radiação, erosão, salinização e urbanização (WACKERNAGEL & REES, 1996; CHAMBERS et al., 2000).

Iniciativas mais efetivas para alcançar a sustentabilidade são necessárias, incluindo-se o desenvolvimento de ferramentas que estimulem o envolvimento da sociedade civil e que avaliem as estratégias de desenvolvimento, monitorando o progresso (WACKERNAGEL & REES, 1996; CHAMBERS et al., 2000).

Na visão desse método, a fim de se atingir a sustentabilidade, inicialmente devem-se aceitar as restrições ecológicas e os desafios socioeconômicos que estas restrições impõem.

Bossel (1999) assevera que o *Ecological Footprint Method* captura, de maneira muito eficiente, a esfera ambiental da sustentabilidade que é afetada pela atividade econômica humana mas, para este autor, o sistema não atua na dimensão social da sustentabilidade (BOSSSEL, 1999). A ferramenta aborda apenas a questão dos recursos naturais e, embora seus autores afirmem a preocupação com a economia e a sociedade, a ferramenta não se ocupa destes campos. A maior preocupação refere-se à redução dos impactos das atividades antropogênicas (DEVELOPING IDEAS, 1997). Por outro lado, Hardi & Barg (1997), aborda

uma outra limitação, concernente ao fato de o sistema ser estático, não permitindo extrapolações no tempo.

4.2. O Dashboard of Sustainability

O estudo dessa ferramenta acontece sob a responsabilidade do *Consultative Group on Sustainable Development Indicators*, CGSDI. Esse grupo de trabalho é um *pool* de instituições que atuam em desenvolvimento e fazem uso de sistemas de indicadores de sustentabilidade.

Traduzindo para o português, a palavra *Dashboard* seria o "painel" de um carro. Esse termo Dashboard of Sustainability, para Hardi (2000) consiste em uma metáfora do painel de um veículo. Segundo Hardi, o processo *Dashboard of Sustainability* é uma importante ferramenta para ajudar aos executivos tomadores de decisão, reverem suas estratégias de desenvolvimento e a definirem suas metas.

Os indicadores do "painel" simbolizam a performance da economia, da saúde social e da qualidade ambiental, para a situação de um país, ou de performance da economia, da responsabilidade social e do desempenho ambiental, quando se estuda um empreendimento. Atualmente essa ferramenta é gerenciada pelo *International Institute for Sustainable Development*.

A relevância de um dado indicador é avaliada pelo tamanho que este assume frente aos outros na representação visual do sistema correspondente. Já o desempenho do indicador é avaliado através de uma escala de cores que vai do verde ao vermelho. O conjunto dos indicadores em cada um dos escopos fornece a resultante ou o índice relativo desta dimensão.

Conforme Hardi (2000), a maior impedância para analisar a sustentabilidade, é o desafio de explorar e analisar um sistema holístico. Para ele, uma visão holística não tão somente uma visão dos sistemas econômico, social e ecológico, mas também a conectividade entre estes sistemas.

A ferramenta *Dashboard of Sustainability* foi elaborada tendo uma abordagem relacionada à teoria dos sistemas, partindo de uma visão holística. Nessa forma, dois sistemas são considerados: o sistema humano e o circundante ecossistema. Já nos modelos específicos, a economia e as instituições sociais são consideradas como sistemas separados. O Dashboard of Sustainability foi construído a partir desta visão mais recente (NILSSON & BERGSTRÖM, 1995).

Segundo Hardi (2000), o Dashboard of Sustainability foi projetado para informar aos tomadores de decisão, à mídia e ao público em geral da situação de desenvolvimento de um determinado sistema, público ou privado, de pequena ou grande escala, nacional, regional, local ou setorial, em relação à sua sustentabilidade.

Segundo os autores do sistema, é recomendável o uso dos indicadores relacionados pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas: econômica, social, ecológica e institucional. Essa solução foi usada para a Rio +10 (Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Johannesburgo, na África do Sul).

4.3. O Barometer of Sustainability

Os pesquisadores lotados no *The World Conservation Union*, IUCN e o *The International Development Research Centre*, IDRC foram os responsáveis pela elaboração da ferramenta denominada *Barometer of Sustainability*. Foi elaborado fundamentalmente para avaliar a sustentabilidade. Destina-se essa ferramenta a órgãos governamentais e não governamentais, tomadores de decisão e gestores com preocupações ligadas ao desenvolvimento sustentável, em qualquer nível do sistema, do local ao global (PRESCOTT-ALLEN, 1997).

A capacidade de combinar indicadores e um destaque importante do *Barometer of Sustainability*, permitindo aos usuários chegarem a conclusões a partir de muitos dados considerados, por vezes, contraditórios (PRESCOTT-ALLEN, 1999).

Essa ferramenta de avaliação é uma combinação do bem-estar humano e do ecossistema, sendo que cada um deles é mensurado individualmente por seus respectivos índices. Os indicadores, para formar estes índices, são escolhidos apenas se puderem ser definidos em termos numéricos. Processos posteriores permitem aos atores envolvidos no processo determinar o nível de sustentabilidade que se deseja alcançar (BOSSSEL, 1999).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os partidários da sustentabilidade concordam que no processo de transição do modelo vigente para um modelo sustentável, mister se faz adotar uma estratégia que possibilite a combinação adequada dos recursos naturais, genéticos, técnicos e humanos. Por outro lado, constata-se que os alunos de Engenharia terão, quando formados, uma grande responsabilidade, ora nos projetos, na execução e na operação dos empreendimentos de modo geral. Dessa feita, a sustentabilidade desses empreendimentos estará garantida ou não, a depender da qualidade da gestão sócio-ambiental gerenciada por esses profissionais. Por isso é extremamente importante que os Engenheiros tenham um conhecimento consistente sobre sustentabilidade e também nas principais ferramentas usadas para avaliá-la. De posse desses conhecimentos, os futuros Engenheiros estarão aptos a garantir o desenvolvimento sustentável nos empreendimentos sob sua responsabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOSSSEL, H. **Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications: A report to the Balaton Group**. Winnipeg: IISD, 1999.
- BRUNDLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**, 2. ed. Rio de Janeiro : FGV. 1991.
- CHAMBERS, N.; SIMMONS, C.; WACKERNAGEL, M. **Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an indicator of sustainability**. London: Earthscan Publications Ltd, 2000.
- COUTINHO, L.; FERRAZ, J. C. **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Campinas: Papirus. 1993.
- DEVELOPING IDEAS. **Winnipeg: International Institute for Sustainable Development**, 1997. ISSN 1025-6636.
- DRUCKER, P. **Sociedade pós-capitalista**. São Paulo: Pioneira. 1993.
- GIACOMINI FILHO, G. **Ecopropaganda** – São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2004.
- HARDI, P., ZDAN, T. J. **The Dashboard of Sustainability**. draft paper, Winnipeg: IISD, 2000.
- MATTOSO, J. **A desordem do trabalho**. São Paulo: Página Aberta. 1995.
- NILSSON, J.; BERGSTRÖM, S. **Indicators for the Assessment of ecological and economic consequences of municipal policies for resource use**. *Ecological Economics*, 14(3) 175-184, 1995.
- OTTOMAN, J. A. **Marketing Verde: Desafios e oportunidades para a nova era do Marketing**. Tradução Marina Nascimento Paro. São Paulo: Makron Books, p.52. 1994.
- PRESCOTT-ALLEN, R. **The Wellbeing of Nations: a country-by-country index of quality of life and the environment**. Washington: Island Press, 2001.

_____. **Barometer of Sustainability: Measuring and communicating wellbeing and sustainable development.** Cambridge: IUCN, 1997.

SANTOS, B. S. **Introdução a uma ciência pós-moderna.** Rio de Janeiro: Graal. 1989.

VEIGA, J. E. DA. A insustentável utopia do desenvolvimento . In: LAVINAS, Lena (org.). **Reestruturação do espaço urbano e regional no Brasil.** São Paulo: Hucitec-ANPUR. 1993.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint.** Gabriola Island, BC and Stony Creek, CT: New Society Publishers, 1996.

BREAKING PARADIGMS ON THE TEACHING OF ENGINEERING WITH AN INSERTION OF THE CONCEPTS AND MAIN TOOLS OF MEASUREMENT OF SOCIAL-ENVIRONMENTAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT.

Abstract: *In the beginning of the 21st century the nimbleness and strengthening of the collective conscience of the society related to degradation of the environment due to the development process presents itself. The aggravation of the environmental crisis, add to the systematic reflection about the influence of the society in this process, conducted to the deepening of the concept of social-environmental sustainable development. The evolution of study of this concept didn't come followed by a consistent critic discussion about its real meaning and the necessary measures to reach it. Because of the non-existence of an agreement about this concept, a considerable conceptual disparity in the discussions referring to the social-environmental sustainability evaluation is glimpsed. In this context, a deep reflection about paradigm changing in the engineering courses of is necessary, like the main tools of measurement, considering the extraordinary capability of the engineer to let, with his actions, during the professional life, the social-environmental sustainable development.*

Keywords; *Sustainability; Social-Environmental Sustainable Development; Environmental Management; Teaching of Environmental Engineering.*