



# PAPERS DO NAEA

ISSN 15169111

**PAPERS DO NAEA Nº 080**

**METABOLISMO SÓCIO-ECONÔMICO E COLONIZAÇÃO:  
UMA METODOLOGIA OPERACIONAL PARA  
MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE**

**José Alberto da Costa Machado**

**Belém, Março de 1998**

**O Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)** é uma das unidades acadêmicas da Universidade Federal do Pará (UFPA). Fundado em 1973, com sede em Belém, Pará, Brasil, o NAEA tem como objetivos fundamentais o ensino em nível de pós-graduação, visando em particular a identificação, a descrição, a análise, a interpretação e o auxílio na solução dos problemas regionais amazônicos; a pesquisa em assuntos de natureza socioeconômica relacionados com a região; a intervenção na realidade amazônica, por meio de programas e projetos de extensão universitária; e a difusão de informação, por meio da elaboração, do processamento e da divulgação dos conhecimentos científicos e técnicos disponíveis sobre a região. O NAEA desenvolve trabalhos priorizando a interação entre o ensino, a pesquisa e a extensão. Com uma proposta interdisciplinar, o NAEA realiza seus cursos de acordo com uma metodologia que abrange a observação dos processos sociais, numa perspectiva voltada à sustentabilidade e ao desenvolvimento regional na Amazônia.

A proposta da interdisciplinaridade também permite que os pesquisadores prestem consultorias a órgãos do Estado e a entidades da sociedade civil, sobre temas de maior complexidade, mas que são amplamente discutidos no âmbito da academia.

**Papers do NAEA - Papers do NAEA** - Com o objetivo de divulgar de forma mais rápida o produto das pesquisas realizadas no Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e também os estudos oriundos de parcerias institucionais nacionais e internacionais, os Papers do NAEA publicam textos de professores, alunos, pesquisadores associados ao Núcleo e convidados para submetê-los a uma discussão ampliada e que possibilite aos autores um contato maior com a comunidade acadêmica.



## **Universidade Federal do Pará**

### **Reitor**

Cristovam Wanderley Picanço Diniz

### **Vice-reitor**

Telma de Carvalho Lobo

## **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos**

### **Diretor**

Edna Maria Ramos de Castro

### **Diretor Adjunto**

Marília Emmi

## **Conselho editorial do NAEA**

Armin Mathis

Edna Ramos de Castro

Francisco de Assis Costa

Gutemberg Armando Diniz Guerra

Indio Campos

Marília Emmi

## **Sector de Editoração**

E-mail: [editora\\_naea@ufpa.br](mailto:editora_naea@ufpa.br)

Papers do NAEA: [Papers\\_naea@ufpa.br](mailto:Papers_naea@ufpa.br)

Telefone: (91) 3201-8521

Paper 080

Revisão de Língua Portuguesa de responsabilidade do autor.

# **METABOLISMO SÓCIO-ECONÔMICO E COLONIZAÇÃO: UMA METODOLOGIA OPERACIONAL PARA MEDIÇÃO DA SUSTENTABILIDADE**

---

*José Alberto da Costa*

## **Resumo:**

A busca de alternativas que ensejem mudanças conscientes nos processos sócio-econômicos, no sentido de torná-los sustentáveis em relação ao ambiente, assumiu prioridade na agenda dos debates internacionais. Até agora as abordagens sobre eventuais soluções têm sido genéricas e de difícil operacionalização. Mas, tem surgido na atualidade, várias instituições de pesquisa, sobretudo na Europa, que desenvolvem um conjunto de abordagens metodológicas, que parecem efetivas no sentido de operacionalizar e de unificar o trato com o conceito de sustentabilidade.

**Palavras-chaves:** Metabolismo sócio-econômico. Colonização. Medição da sustentabilidade.

## 1. Introdução

A busca de alternativas que ensejem mudanças conscientes nos processos sócio-econômicos, no sentido de torná-los sustentáveis em relação ao ambiente, assumiu prioridade na agenda dos debates internacionais.

Até agora as abordagens sobre eventuais soluções têm sido genéricas e de difícil operacionalização. Mas, tem surgido na atualidade, várias instituições de pesquisa, sobretudo na Europa, que desenvolvem um conjunto de abordagens metodológicas, que parecem efetivas no sentido de operacionalizar e de unificar o trato com o conceito de sustentabilidade<sup>1</sup>.

Com base na Teoria de Sistema analisa-se a relação sociedade-ambiente como uma interação de sistemas abertos e considera-se que a sustentabilidade da sociedade é mantida somente enquanto o seu *modo de reprodução* for *manutenível*, *estável* e *saudável*<sup>2</sup>. Esse modo de reprodução, representado pelas atividades sócio-econômicas, tem seus efeitos ambientais tratados através dos conceitos de **Metabolismo Sócio-Econômico (MSE)** e **Colonização**, definidos na seção 2. Dos aspectos observados são visibilizadas manifestações capazes de dar conta das questões consideradas danosas ao ambiente, sob a ótica das principais abordagens, atualmente predominantes, conhecidas como

---

<sup>1</sup> IFF - Institute of Interdisciplinary Research - Austria, Centre of Environmental Science - Holanda, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy - Alemanha e outros.

<sup>2</sup> Essas três condições são consideradas por MACHADO (1998: 49) como:

- *manutenível* enquanto o sistema for capaz de retirar do seu ambiente relevante a matéria e energia em quantidade e qualidade necessárias à sua manutenção e crescimento;
- *estável* enquanto o sistema for capaz de adaptar-se às transformações do seu ambiente relevante. Isso implica que as mudanças na sua dimensão macroscópica não podem comprometer a coerência interna dos elementos de sua dimensão microscópica;
- *saudável* enquanto o ambiente relevante do sistema oferecer possibilidades de absorção natural da matéria e energia degradadas pelo seu *metabolismo energético-material* e depositadas no ambiente. Isso implica que o ambiente no qual estiver imerso o sistema deve continuar oferecendo possibilidades para o deslocamento das *fronteiras estruturais* do sistema sem comprometimento do seu *campo de interação*. Quando um *sistema aberto* ocupa todo o espaço disponível do seu ambiente ele transforma-se em *sistema fechado*. Nessas circunstâncias suas fontes energético-materiais e seu depósito de rejeitos passam a situar-se dentro de suas próprias fronteiras estruturais. Essa situação parece estar ocorrendo hoje na relação sociedade com seu ambiente, em razão da globalização do capitalismo-industrial que, embora sem ter ocupado presencialmente toda a superfície do planeta, os efeitos de sua dinâmica se espalham hoje por toda a parte. Isto significa que, agressão ao ambiente, passa a ser agressão à própria sociedade

A sustentabilidade de um sistema aberto também pode ser afetada a partir de vetores originários apenas do seu espaço interno. Desse ponto de vista, o seu *modo de reprodução* deve ser capaz de conferir qualidade adequada de existência à todos os elementos internos que participam do seu metabolismo energético-material. Isto é, a reprodução **controlável** dos elementos internos do sistema somente ocorrerá enquanto as contradições e disputas existentes entre os elementos internos do sistema forem mantidas em níveis passíveis de controle.

**Toxicológica, Termodinâmica, Equilíbrio Sistêmico, Ético-Moral e Econômica**, todas analisadas na seção 3.

Na seção 4 um conjunto de indicadores capazes de expressar dimensões da sustentabilidade são examinados e testados, quanto a operacionalidade, através de exemplos reais de balanço material e de intervenção em ecossistemas, ambos apresentados na seção 5. Na seção 6 a relevância da abordagem é apresentada.

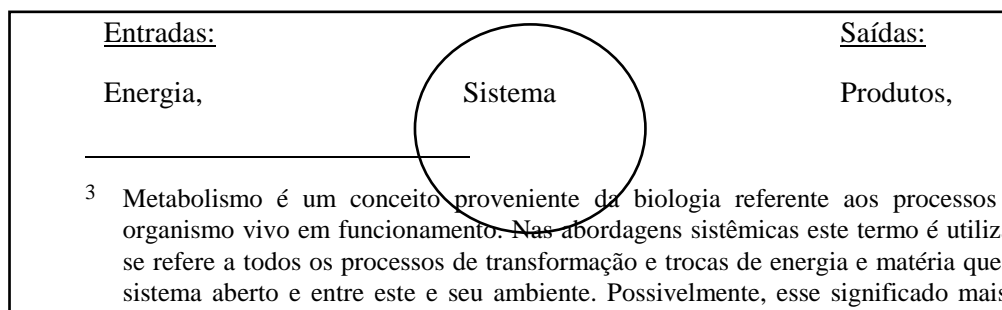
## 2. Metabolismo Sócio-Econômico e Colonização: uma visão geral

### 2.1. O Metabolismo Sócio-Econômico (MSE)

O conceito de **metabolismo**<sup>3</sup> pode ser entendido a partir da dinâmica desenvolvida pelos organismos vivos em suas relações com o ambiente. Analogamente ao que ocorre com eles, que interagem com seus ambientes através de um contínuo fluxo de massa e energia, visando o crescimento e reprodução, as sociedades extraem matéria e energia do ambiente, transformam-nas através de processos técnico-industriais, retêm uma parte para manutenção e crescimento dos seus membros e devolvem a outra parte ao ambiente em forma de artefatos manufaturados e resíduos.

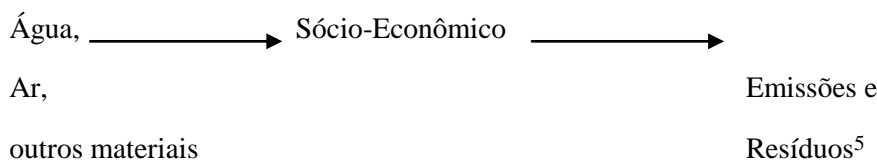
Assim, a sociedade humana pode ser considerada como um sistema aberto, ou seja, um sistema que troca energia e matéria com seu ambiente relevante. A sustentabilidade dessa interação está diretamente vinculada à maneira como são organizados os fluxos de energia e matéria através do seu **MSE-Metabolismo Sócio-Econômico**<sup>(4)</sup> (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994: 3-4). (Figura 1).

Figura 1: Metabolismo Sócio-Econômico (MSE)



<sup>3</sup> Metabolismo é um conceito proveniente da biologia referente aos processos internos que mantêm um organismo vivo em funcionamento. Nas abordagens sistêmicas este termo é utilizado de forma mais ampla e se refere a todos os processos de transformação e trocas de energia e matéria que ocorrem no interior de um sistema aberto e entre este e seu ambiente. Possivelmente, esse significado mais amplo decorre da origem grega do termo (μετα-βαλλω) que guardava a idéia de “mudar, trocar de estado, transformar-se; fazer trocas e comerciar” (YARZA, 1995).

<sup>4</sup> A bibliografia utiliza o termo Metabolismo Social em vez de Metabolismo Sócio-Econômico.



Fonte: FISCHER-KOWALSKI e HABERL (1994: 4)

Sob as condições que a Teoria de Sistemas considera para que um sistema aberto se mantenha sustentável, os problemas passíveis de afetar o funcionamento do seu **MSE** são relacionados com as suas “entradas” e “saídas” energético-materiais, bem como, com a extensão do seu “tamanho” em relação ao seu ambiente.

Com referência as “entradas”, os problemas surgem quando as fontes de recursos naturais que sustentam o MSE ficam comprometidas. Essa *escassez de recursos naturais* pode ocorrer, tanto pelo esgotamento das reservas de recursos não renováveis quanto pelo uso de recursos renováveis acima de sua taxa de recomposição. As sociedades geralmente reagem através da migração, redução da procriação, mudança de hábitos alimentares, alteração nos modos de produção, guerra, etc.

Face a essas circunstâncias o MSE é impedido de funcionar de maneira **manutenível**

Com referência as “saídas”, os problemas podem ocorrer na medida em que as emissões e resíduos produzidos pela sociedade não possam ser absorvidos de maneira natural pelo ambiente. Enquanto esse tipo de problema esteve confinado a espaços localizados, a solução veio sempre através de medidas restritivas. Entretanto, com o advento da sociedade industrial o aumento das emissões e da produção de resíduos não recicláveis transformaram-se em fonte de ameaças.

Uma das razões, mas não a única, relaciona-se com a utilização de matéria-prima (petróleo, minério, carvão, etc.) extraída não mais do ciclo biológico corrente na biosfera, e sim de reservatórios subterrâneos fósseis. O uso massivo desse tipo de matéria-prima gera emissões e produz resíduos de difícil absorção e que, em razão do volume, interferem no funcionamento tanto de ecossistemas localizados quanto nos grandes sistemas que regulam os ciclos vitais planetários. Um exemplo de emissão advindo desse uso é o dióxido de carbono com sua conhecida contribuição tanto para a poluição atmosférica de grandes centros industriais quanto para o chamado “efeito estufa”, de graves conseqüências em relação às mudanças climáticas globais.

---

<sup>5</sup> *Produtos* são os artefatos (casas, carro, ferramentas, etc.) úteis e necessários ao funcionamento do MSE; *emissões* são substâncias nocivas ao ambiente produzidas por processos não intencionais como efeito secundário inevitável das atividades econômicas; *resíduos* são o lixo remanescente do uso dos produtos e a sucata em que estes se transformam após deixarem de ser úteis.

Se essas “saídas” se tornam mórbidas em relação a ecossistemas localizados, em princípio, os problemas causados são similares aos do passado. Entretanto, há um fator novo na atualidade que é o “tamanho” desse MSE. Diferentemente do que ocorreu com as culturas passadas, que eram sistemas abertos em relação aos seus ambientes, o sistema cultural atual assumiu uma escala global, na qual o ambiente como um todo passou a ser parte de um mega sistema sócio-econômico de ciclo fechado.

Embora as sociedades não tenham ainda efetivado dominação presencial em todo o ambiente natural, há bastante evidência de que os efeitos de suas atividades estendem-se por um campo muito mais amplo do que os contornos físicos-estruturais do sistema sócio-econômico, enfoque que a Teoria de Sistema, associa ao conceito de *campo de interação*. FENZL (1997(a):403) estabelece que durante seu ciclo de vida um sistema aberto “... transforma parte do ambiente relevante à sua sobrevivência, criando uma **dimensão macroscópica específica de espaço-tempo**, o campo de interação, o qual passa a ser uma característica e parte inseparável de (pelo menos) todos os sistemas abertos e auto-organizados”.

Das considerações acima duas conseqüências surgem em relação às condições de sustentabilidade do MSE.

A **primeira** refere-se à sinergia surgida da agregação entre os efeitos mórbidos dessas “saídas” (as emissões) quando o “tamanho” do MSE se globaliza. Nessa situação os sistemas planetários que garantem a habitabilidade da Terra podem se transformar e induzir *mudanças globais*.

Face a essas circunstâncias o MSE é impedido de funcionar de maneira **estável**.

A **segunda** refere-se à amplitude espacial da influência dessas “saídas” (os resíduos) quando o “tamanho” do MSE se globaliza. Ele passa, então, a assimilar a matéria e energia degradadas e depositadas no ambiente, isto é, seu depósito de rejeitos é, ao mesmo tempo, sua fonte de recursos. Essa situação causa *comprometimento dos ecossistemas* mantidos pelo ambiente e, porque, esse ambiente deixa de ser algo externo à sociedade, as interferências e deposições nocivas realizadas em relação à ele, passam a atingir a própria sociedade.

Face a essas circunstâncias o MSE é impedido de funcionar de maneira **saudável**.

## 2.2. A Colonização

O conceito de **colonização** pode ser entendido como o conjunto de atividades que a sociedade desenvolve, de forma deliberada, visando manter e ampliar as atividades do seu MSE. Assim, ela transforma o ambiente natural do planeta, reconfigura-o e adapta-o a esse objetivo, produzindo desequilíbrio nos sistemas naturais. Dessa forma florestas são transformadas em espaços agrícolas, em

campos de criação, em rodovias e em cidades; espécies animais e vegetais são alteradas geneticamente para se tornarem mais resistentes a doenças, mais produtoras de proteínas e mais produtoras de massa; e rios são transformados em grandes lagos e represados para a geração de energia hidrelétrica (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1993: 19).

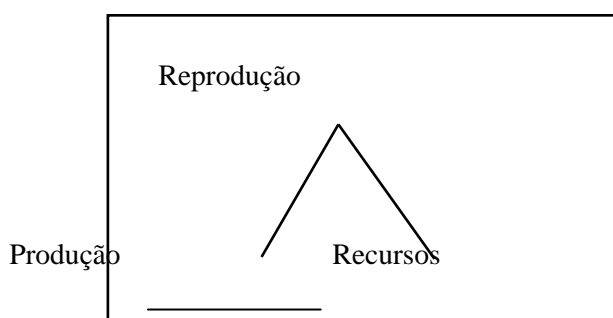
Essas atividades não se configuram exatamente como parte do MSE, embora decorram da necessidade de abrir espaços e condições a serem ocupados por parte das "saídas" (os produtos) desse MSE. Entretanto, porque destinadas à potencializar, ao máximo, aquilo que a sociedade pode extrair do ambiente, elas acabam afetando-o em seu equilíbrio e potencializando os problemas relacionados com as "entradas", "saídas" e "tamanho" do MSE.

Sob esses dois enfoques, a sustentabilidade - passada e presente - na relação sociedade-natureza, pode ser analisada a partir da forma pela qual a sociedade organiza o seu MSE e **coloniza** seu ambiente natural.

### 2.3. A evolução cultural sob a ótica do MSE e da Colonização

Considerando-se a cultura de cada sociedade como sendo a maneira específica pela qual são combinados o modo de produção, as estratégias de reprodução e a acessibilidade a fonte de recursos (Figura 2) (Harris, 1989, 1990 citado por FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994: 5) e considerando que todos esses elementos ensejam problemas de sustentabilidade, pode-se considerar, a contínua luta na tentativa de resolvê-los, como a evolução cultural de uma sociedade. Se, por exemplo, a reprodução ocorre rapidamente demais, os recursos usuais se tornam escassos e a sociedade deve buscar novas fontes de alimentos ou criar novas técnicas de produção. Do contrário a população passará fome e será deprimida novamente a um patamar compatível com a disponibilidade dos recursos energéticos-materiais.

Figura 2: Triângulo de Harris





Fonte: FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994: 5

Pode-se, assim, interpretar a evolução cultural de uma sociedade como a história dos seus problemas de sustentabilidade, servindo essa abordagem para explicar, na história humana, as dramáticas mudanças ocorridas no modo de produção, nos recursos utilizados e no controle de crescimento populacional (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994: 6).

Sendo a sustentabilidade vista como um problema de manutenção do **MSE**, os diversos tipos de culturas - presentes e passadas - podem ser distinguidos conforme as características de seus relacionamentos com o ambiente, ou seja, de acordo com a maneira como as sociedades gerenciam o aumento do “tamanho” desse MSE e como organizam as “entradas” e “saídas” energético-materiais que as alimentam, (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994: 6). Para tanto, pelo menos dois aspectos são fundamentais:

- Fluxo Material - representado pela quantidade de matéria manipulada para nutrição, habitação, vestimenta, construção, etc.. Assim considerando, as sociedades seriam complexos sistemas materiais absorvendo vários recursos e emitindo diversas substâncias;
- Fluxo Energético - como qualquer sistema dinâmico de fluxo de matéria e estoques, as sociedades utilizam energia, no mínimo para a sustentação biológica dos seus membros. Nas sociedades industriais atuais a utilização per capita de energia é, no mínimo, 40 vezes superior às necessidades biológicas dos humanos.

Dessa forma, o **MSE** de uma sociedade pode ser medido pela massa e energia utilizadas, sendo que, o modo de produção, as estratégias de reprodução e as alternativas de acesso aos recursos, determinariam e explicariam o grau de sustentabilidade desse **MSE**<sup>6</sup>. A utilização *per capita* de massa e energia seria determinada:

- de um lado, pelo modo de produção. Este, entretanto, só será sustentável se existir disponibilidade (em quantidade e qualidade) de recursos; e
- de outro, pelo tamanho da população. Esta, por sua vez, somente se manterá sustentável, se puder acessar os recursos-chaves à sua manutenção, o que depende do modo de produção.

Partindo do pressuposto de que cada ser humano possui um metabolismo mínimo, suficiente para garantir sua vida enquanto espécie animal<sup>7</sup>, pode-se localizar nas sociedades caçadoras e

---

<sup>6</sup> Estes elementos são frutos da cultura e integrantes do sistema de crenças e valores que organizam e fomentam o modo de reprodução de uma sociedade.

<sup>7</sup> Essa necessidade mínima tem sido chamada de “consumo endossomático”, tanto quanto o adicional à esse mínimo tem sido referido como “consumo exossomático” (ALIER, 1996:3)

coletoras o ponto de partida para a análise da relação sociedade-natureza. Vivendo em grupos de 20 a 50 pessoas, essas sociedades garantiam a manutenção de seu metabolismo pela coleta de frutos, raízes, caça e pesca. Vivendo em permanente migração, não necessitavam colonizar a natureza visando torna-la mais adequada às suas necessidades.

Nessas sociedades a questão da sustentabilidade residia na possibilidade de aquisição de alimentos e, desde que a disponibilidade era regulada pela própria natureza, cada espaço territorial possuía uma capacidade fixa de suporte. Ao ser ultrapassada, sobrevinha a fome ou impunha-se a migração para novos territórios, levando-as a se espalharem por toda a face do globo.

Esse modo de produção encontrou limites quando os mecanismos reguladores do crescimento (HARRIS, 1991) não foram mais suficientes para manter a população em baixos níveis, forçando o advento da agricultura, na chamada revolução do neolítico.

Nesse estágio do desenvolvimento humano os homens se tornaram sedentários, gregários, pastores e cultivadores do solo. O metabolismo das sociedades de então passou a basear-se no produto da colonização do ambiente que passou a ser usado para a agricultura, criação de animais, construção de cidades, etc.. Nessas circunstâncias esse metabolismo incorporou outras necessidades que não apenas as biológicas, porque:

- o alimento extraído do ambiente não mais se destinava apenas aos homens, mas também aos animais domésticos criados;
- a madeira retirada das florestas não mais se destinava somente ao aquecimento e cozimento de alimentos, mas também para o processamento de metais, para a construção de casas, navios, etc.
- a água não mais se destinava apenas para mitigar a sede, mas também para irrigação de lavouras, para abastecimento das cidades; muitos cursos de rios foram modificados para evitar inundações e áreas alagadas foram drenadas para permitir expansão das cidades;
- o sedentarismo requereu a utilização de material mineral para construção de moradias, de depósitos, de portos, de muralhas para proteger cidades, de barragens e de fortes, movimentando, por isso, enormes quantidades de pedra, areia, terra, etc.

Correlacionando essas mudanças com o enfoque do triângulo de Harris referido anteriormente pode-se, como fez (FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1994:9), concluir que:

- inicialmente, o problema de sustentabilidade ocorreu em função do aumento da população. Esse aumento, embora lento, ocasionou ultrapassagem da capacidade de suporte do ambiente e, como o

modo de produção estava baseado no que a natureza oferecia por si só, sobreveio restrições nutricionais, agravadas por mudanças climáticas hoje conhecidas;

- com o advento das sociedades agrícolas, parte do ambiente foi colonizado, em vez de simplesmente explorado. O trabalho humano assumiu nova função e passou a ser empregado para maximizar a produção das áreas colonizadas, através do aumento das possibilidades naturais do ambiente pela fertilização, aragem da terra, irrigação, etc.. Isso permitiu aumento da população e sua complexificação estrutural, com a hierarquização social e divisão do trabalho, ensejando densificação populacional em espaços ambientais limitados;
- essa mudança induziu modificações no padrão de reprodução populacional porque, a vida sedentária e a importância da mão de obra infantil, estimulou o aumento na taxas de crescimento que fizeram a população ultrapassar sua base nutricional (nas culturas caçadoras-coletoras a taxa foi de 0,001% e nas agrícolas foi de 0,5% - HARRIS, 1991:96)
- como forma de evitar o comprometimento dessa base nutricional foram legitimadas estratégias culturais para proteção de recursos escassos. Exemplos dessa regulação cultural podem ser considerados os tabus sobre corte de determinadas árvores na Europa da Idade Média, a proibição de ingerir carne de porco na cultura judaica, a transformação da vaca em animal sagrado na Índia, a legitimação da alimentação vegetariana como espiritualmente superior, etc.. Outras maneiras surgidas para contornar a escassez de recursos foram a migração, a conquista de novos territórios, as guerras e até mesmo a dizimação por epidemia e miséria ensejadas pela natureza.

Embora tendo colonizado a maior parte do planeta as sociedades agrícolas não conseguiram sustentabilidade de longo prazo em suas relações com a natureza. A necessidade de colonização do ambiente para manutenção do metabolismo causou catástrofes ecológicas como inundações, desertificações e erosões de solo, que hoje são bem documentadas. RUNNELS (1995:75) em estudo sobre a história geológica de uma região da Grécia, afirma que, pelo menos quatro eventos de erosão encontrados nos registros geológicos, referentes aos anos de 2.500 a.c, 350-50 a.c, 950-1.450 d.c. e em tempos recentes, podem ser atribuídos às atividades dos habitantes locais. Constata-se isso porque tais eventos ocorreram em períodos de intenso assentamento humano e porque a recuperação dos solos erodidos ocorreu em época de mínima presença humana.

Os avanços tecnológicos como o arado de ferro, o moinho, a domesticação do cavalo, etc., só trouxeram alívio temporário para a vida dura e miserável que a massa populacional experimentava nessas sociedades. O aumento da produtividade do solo por esses avanços não era substancial para garantir sustentabilidade de longo prazo no crescimento, porque logo eram ofuscados pelo

crescimento populacional. O fator limitante para um crescimento sustentável era, os recursos, isto é, disponibilidade de terra e suas possibilidades para produzir alimentos.

Entretanto, no final do renascimento, a cultura ocidental assistiu e consolidou uma revolução sem precedentes na relação do homem com a natureza em razão do surgimento da ciência natural exata e da técnica que lhe é correspondente - a técnica moderna<sup>8</sup>. Paralelamente e em decorrência disso, a atividade econômica emancipou-se das amarras do tradicionalismo religioso ensejando o surgimento do espírito capitalista e do modo de produção industrial, configurando as matrizes da chamada Idade Moderna, que trouxe em seus pressupostos profundas modificações na interação da sociedade com o ambiente planetário.

Esse novo modo de produção consolidou-se tendo por base os combustíveis fósseis como recurso fundamental. Do ponto de vista da capacidade de suporte do ambiente, esse recurso parecia de difícil esgotamento, porque suas fontes não se encontravam sobre a superfície terrestre, podendo sua exploração ser feita sem prejuízo para o espaço de existência dos humanos e da maioria das espécies. Além disso, na sua utilização o homem não sofreria a competição de outras espécies, pois somente ele estaria interessado e capacitado a explora-lo. Assim, o carvão, o gás, o petróleo, etc. moldaram, pouco a pouco, o novo modo de produção que parecia apontar para a possibilidade de expansão ilimitada do MSE sem necessidade de comprometer o ambiente.

Por outro lado, a capacidade de interferência da sociedade sobre a natureza foi extensivamente ampliada, em razão do advento da máquina moderna e da disponibilidade de forças naturais controladas, baratas, abundantes e acessíveis em qualquer tempo e lugar.

Esses fatos levaram a sociedade à uma volúpia exploradora da natureza que, mesmo sem problemas iniciais nas “entradas” do seu MSE, em razão da abundância de recursos naturais à época, induziram o surgimento de graves dificuldades em relação às “saídas” desse MSE. É que, a deposição no ambiente de imensa quantidade de matéria retirada de fontes subterrâneas interferiram em processos bioquímicos do planeta em velocidade superior às possibilidades de adaptação, fazendo com que conseqüências locais e regionais fossem imediatamente sentidas, sendo que, as conseqüências de longo prazo e em escala global somente agora começaram a ser registradas.

Dessa forma, a escassez de recursos baseado na biomassa corrente, como sendo o obstáculo para o crescimento humano (MSE e população) na sociedade agrária, foi superado pelo acesso a recursos que pareciam ilimitados. Entretanto, um problema de natureza diferente surgiu na sociedade

---

<sup>8</sup> Uma excelente tese sobre a natureza, origem e as conseqüências da técnica moderna está em MYER, 1966

industrial como ameaça à sustentabilidade de sua relação com o ambiente: os subprodutos indesejáveis (resíduos e substâncias nocivas) dos processos industriais baseados em combustíveis fósseis. Posteriormente, à medida que os recursos naturais não renováveis foram se esgotando, o problema com as “entradas” do MSE também voltou a surgir.

Na transição para o modo de produção industrial as sociedades agrárias minimizam o papel da regulação cultural no crescimento populacional e, em razão da melhoria da qualidade de vida, ensejam a explosão da população que as estatísticas registram. A despeito das crenças malthusianas que advogavam a manutenção da população das sociedades industriais com baixa renda, para evitar que a geração de filhos ultrapassasse a capacidade do mercado de absorvê-los, os estágios mais tardios dessas sociedades reintroduziram controles culturais, uma vez que o modo de vida do industrialismo legitimou a idéia de poucos filhos, ou mesmo de nenhum, como valor cultural na estruturação das famílias. Isso, naturalmente nas nações centrais do industrialismo, porque nas subdesenvolvidas ou em desenvolvimento o aumento populacional continua a ocorrer.

O aumento populacional de um lado e o modo de produção - assim entendido as possibilidades de exploração da natureza ensejadas pela C&T moderna e o espírito do industrialismo-capitalista - de outro, aumentaram em demasia o “tamanho” do MSE da sociedade e o tornaram mórbido em relação ao seu ambiente, não somente pelo que ele importa e deposita no ambiente, mas também por causa das atividades que ela desenvolve para fazer com que o ambiente possa funcionar a serviço desse MSE, dinâmica que estamos chamando de colonização.

### **3. Fatores prejudiciais na relação sociedade-natureza**

Do que foi discutido até agora verifica-se que o MSE da sociedade industrializada é problemático, causa dano ao ambiente e coloca em risco a sustentabilidade sociedade. Porém, como são percebidos, concretamente, os danos que o MSE gera em relação ao ambiente?

As concepções atuais sobre os danos causados ao ambiente natural pelo MSE podem ser agrupadas sob a ótica de quatro abordagens fundamentais apontadas por FISCHER-KOWALSKI et. all. (1991: 4-6), FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER, 1992: 3-6; FISCHER-KOWALSKI e HABERL, (1992: 3-6) e FISCHER-KOWALSKI e HABERL (1993: 24-26), que são: **Toxicológica, Equilíbrio Sistêmico, Termodinâmica e Ético Moral**. Além disso, uma outra abordagem adicional está sendo considerada neste trabalho, a **Econômica**. A articulação dessas abordagens com seus fatores distintivos podem ser vistos na Figura 3.

A abordagem **Toxicológica** considera que a sociedade produz substâncias químicas que são depositadas no ambiente e se transformam em fontes de distúrbios ambientais e de nocividade para a sociedade, em especial para a saúde humana. São exemplos dessa constatação: o mercúrio utilizado nos garimpos, que compromete a vida dos rios e do seu entorno; as pesticidas utilizadas na agricultura intensiva que compromete a fauna e as vidas a ela associada; os resíduos tóxicos de fábricas ao longo dos rios; etc. A grande contribuição dessa linha de abordagem é o estudo dos processos geradores de substâncias tóxicas visando o estabelecimento de regulação e controle.

A abordagem do **Equilíbrio Sistêmico** entende o planeta como um mega-sistema que possui funções com ciclos auto-regulados mantidos em equilíbrio. A sociedade interfere no funcionamento desses sistemas ao construir hidrelétricas, corrigir cursos de rios, realizar experimentos atômicos, destruir florestas, transferir organismos vivos entre regiões e generalizar o uso de máquinas geradoras de gases. Os efeitos dessas atividades podem comprometer a auto-regulação desses sistemas levando-os a funcionar de maneira diferente e imprevisível. A grande contribuição dessa abordagem é a proteção dos pontos ou áreas mais sensíveis do ambiente contra a intervenção humana.

A abordagem **Termodinâmica** interpreta os fenômenos de produção-circulação-consumo das sociedades humanas sob a ótica das leis da termodinâmica de sistemas abertos. Sob essa ótica, os processos metabólicos usam energia, transformando-a em energia de qualidade inferior, mais dispersa e menos concentrada<sup>9</sup>, processo esse que produz entropia. Em sistemas fechados, se a quantidade de energia concentrada recebida do ambiente não for suficiente para compensar a quantidade e qualidade da energia manipulada pelo metabolismo do sistema, a entropia aumenta até a chamada morte termodinâmica do sistema (PRIGOGINE, 1984).

A sociedade industrial globalizada tem seu metabolismo sustentado por duas fontes de energia: uma provinda de recursos renováveis os quais são reconstituídos pela apropriação da energia do sol através da fotossíntese dos vegetais; e a outra provinda de recursos não renováveis (carvão, minério, petróleo, etc.), normalmente encontráveis de forma concentrada em depósitos subterrâneos. Considera-se que a entropia do sistema sócio-econômico global tende a aumentar porque:

- o **uso de recursos renováveis** ocorrendo em taxa superior à capacidade de reconstituição natural, induz o sistema sócio-econômico a ampliar, cada vez mais, a apropriação de espaços ainda não

---

<sup>9</sup> As leis da entropia foram formuladas por Clausius em 1867, sendo que as duas primeiras dizem, respectivamente, que a energia do universo é constante e que a entropia do universo tende ao máximo. Embora tendo utilizado como referencial o universo, por ser este o único sistema teoricamente isolado, esse mesmo conceito pode ser utilizado para outros tipos de sistemas, sejam abertos ou fechados

colocados a serviço do seu metabolismo. Isso e dilapida o “capital natural” e empobrece os espaços naturais com possibilidades de fixação da energia provida do sol. Assim, o consumo de energia pelo MSE tende a superar a capacidade de reposição natural dos ecossistemas, criando déficits geradores de entropia;

- o **uso de recursos não renováveis** se dá a partir de fontes onde se encontram concentrados, portanto com baixo nível de entropia. Extraídos e absorvidos pelo MSE, transformam-se em produtos de uso e, ao final da vida útil, em lixo. Este, face à sua difícil reintegração aos ciclos biológicos naturais do ambiente, se espalha pela superfície da terra, causando aumento de entropia de impossível reversão, mesmo utilizando-se as alternativas da reciclagem. Reconcentrar esses recursos dispersos para serem reaproveitados pelo MSE teria alcance parcial sobre o que foi originalmente disperso. Além disso, a possibilidade de reaproveitamento é minimizada pelo baixo nível de qualidade dos recursos disponíveis para reciclagem<sup>10</sup>.

As grandes questões dessa abordagem são: utilização excessiva de “capital natural” em vez da utilização apenas dos “excedentes” e excesso de subprodutos do MSE não absorvíveis pelo ambiente.

A abordagem **Ético-Moral** considera a natureza como âmbito não exclusivo da sociedade, e sim um todo interrelacionado, onde as vidas das demais espécies são interdependentes. A sociedade, transformando o ambiente natural para suas próprias necessidades, sem respeito pela vida das demais espécies, causa diminuição da biodiversidade e comprometimento das cadeias alimentares que sustentam o funcionamento dos ecossistemas. A grande contribuição desta linha de abordagem é a luta para controlar a interferência do homem na vida de outras espécies.

A abordagem **Econômica** considera que os recursos naturais absorvidos pelo MSE não são considerados pelo real valor ambiental que possuem e, muitos desses recursos - os chamados recursos livres - nem mesmo valorizados são, como o caso do ar, da água, dos serviços prestados pelos ecossistemas, etc.. Essa imperfeição do mercado, enquanto instância única de regulação do valor desses recursos, ofusca o preço verdadeiro dos bens produzidos pelo sistema sócio-econômico e induz o super-consumo, o desperdício e a sobre-exploração do ambiente. A consequência é a escassez e o encarecimento dos recursos comprometidos, criando amarras para o desenvolvimento econômico das regiões afetadas. As grandes questões para essa abordagem são a valorização dos serviços ambientais

---

<sup>10</sup> O crescimento da entropia com base nesse fato só ocorrerá se o *ambiente relevante* não tiver possibilidade de reassimilar a matéria e energia degradadas para, através de processos naturais, reincorporá-las as suas fontes de energia e matéria potencialmente úteis. Assim a reciclagem realizada pelos processos naturais do ambiente evitaria o aumento da entropia.

fornecidos pelos ecossistemas e a incorporação ao custo dos recursos naturais do peso de sua importância em relação ao ambiente<sup>11</sup>.

As abordagens apresentadas não se excluem, se não pelo contrário, se complementam em muitos aspectos. Todas elas tocam importantes aspectos da relação problemática entre a sociedade e o ambiente, têm concepções próprias, filiam-se a tradições científicas e políticas específicas e possuem estratégias diferenciadas para solucionar as questões que colocam como básicas.

Figura 3: Concepções sobre causas de danos ao ambiente

FATORES DISTINTIVOS	ABORDAGENS			
	TOXICOLÓGICA	EQUILÍBRIO SISTÊMICO	TERMODINÂMICA	ÉTICO-MORAL
O PROBLEMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substâncias químicas produzidas pela sociedade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervenções no funcionamento natural dos ecossistemas em detrimento de suas capacidades de auto-regulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de energia baseada em recurso não presente no ciclo corrente da biosfera (petróleo, minério).</li> <li>Velocidade de uso de recursos renováveis acima da velocidade de reconstrução desses recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformação do ambiente natural para suas próprias necessidades sem respeito pelas espécies.</li> </ul>
DANOS CAUSADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distúrbios ambientais localizados, perigosos para a vida humana, animal e vegetal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funcionamento dos sistemas naturais de maneira diferente e imprevisível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção excessiva de entropia tendente ao colapso dos sistemas naturais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminuição da biodiversidade e comprometimento de ecossistemas.</li> </ul>
QUEM LEGITIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Médicos, químicos e grande parte do público.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Climatologistas, cientistas agrícolas, biólogos e agências de proteção ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Físicos e economistas ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filósofos, naturalistas, moralistas, religiosos.</li> </ul>
ELEMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onde e quais processos emitem substâncias tóxicas.</li> <li>Limites de concentração e montante de emissões.</li> <li>Controle de adesão a padrões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onde e quais processos influenciam o equilíbrio natural.</li> <li>Proteção aos sistemas naturais, proibição de uso e recuperação.</li> <li>Controle de efetividade no retorno ao equilíbrio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onde e quais processos fomentam o uso de energia produtor de entropia excessiva e uso de recurso acima da velocidade de reconstituição</li> <li>Redução uso energia e recursos não renováveis</li> <li>Controle se sociedade está utilizando “excedentes” ou “capital natural” de energia e recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onde e quais processos ameaçam ou destroem espécies</li> <li>Redução na dependência humana em relação a vida de espécies.</li> <li>Controle sobre grande interferência humana na vida de outras espécies.</li> </ul>
OBJETIVOS POLÍTICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitação de emissões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificação de sistemas naturais necessitando de proteção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valorização do trabalho humano em relação ao uso do</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demonstração do quanto vale para outras espécies é o bem</li> </ul>

<sup>11</sup> Importante contribuição recente foi dada por CONSTANZA et al. (1997). Essa contribuição representa uma primeira tentativa sistematizada e ampla de calcular o valor do capital natural do planeta e dos serviços oferecidos pelos seus ecossistemas.



			recurso natural.	humano.
--	--	--	------------------	---------

Fonte: Sistematizado e expandido a partir de FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER, 1992, p.4.

Um exemplo concreto sobre a visão particular que cada uma dessas abordagens possui, pode ser ilustrado com o tráfego automotivo, como abaixo:

- a abordagem **Toxicológica** o considera nocivo porque o tem como responsável pela emissão de 60% dos gases tóxicos ( $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_x\text{H}_y$ ) da atmosfera. Para essa abordagem uma proposta de solução é a instalação de conversores catalíticos nos carros, fazendo com que essa emissão seja reduzida em 80%;

- a abordagem do **Equilíbrio Sistêmico** o considera nocivo porque entende que ele contribui, através do  $\text{CO}_2$  emitido, com 15% para desestabilização do clima da Terra. Para essa abordagem, a simples instalação de conversores catalíticos não é uma boa proposta de solução porque não reduz a emissão de  $\text{CO}_2$ , uma vez que a queima de combustível não cessa. Entretanto, um tráfego baseado em energia solar ou elétrica se apresenta como uma proposta adequada à sua visão;

- a abordagem **Termodinâmica** o considera nocivo porque ele é responsável por 50% do consumo de combustíveis fósseis. Nesse caso a instalação de conversores catalíticos não resolve porque o consumo de combustíveis continua; carros elétricos também não porque a utilização de eletricidade pode ser oriunda de fonte consumidora de combustíveis fósseis. Para essa abordagem, um tráfego baseado em energia solar, se apresenta como proposta consentânea com sua visão;

- a abordagem **Ético-Moral** não considera o tráfego automotivo danoso por qualquer das motivos considerados pelas outras abordagens e sim por ser ele a maior causa de morte não intencional e inútil de outros animais e seres humanos. Tal constatação se dá em razão das estradas que se fazem necessárias e que, quase sempre, cortam habitats naturais e introduzem distúrbios no ambiente de existência de outras espécies. Assim, para essa abordagem, nenhuma das propostas anteriores de solução é efetiva, sendo a sua própria proposta a de diminuir o uso de carros e evitar a construção de estradas.

- a abordagem **Econômica** considera o tráfego automotivo perigoso ao ambiente porque ele é movido a combustíveis cujos preços não refletem a tendência ao esgotamento das reservas e nem os impactos das indústrias extrativas sobre o ambiente. Além disso, os veículos automotivos não incorporam em seus preços as externalidades ambientais que causam aos ecossistemas. Para essa abordagem a solução seria influir na regulação do mercado fazendo os preços desses produtos refletirem o real valor que possuem em relação ao ambiente, através de tributos, restrição ao acesso,

etc. Nessa perspectiva, os preços se elevariam, minimizariam a demanda e evitariam a pressão depredadora do ambiente.

Assim, para dar unidade à compreensão dos impactos do MSE sobre o ambiente, é necessário integrar as informações obtidas a partir de cada abordagem específica gerando um agregado multifacetado daquilo que FENZL (1995:2) chamou de **periculosidade ambiental socialmente produzida**. Seria então uma integração interdisciplinar sem necessidade comprometer a base empírica e os resultados específicos obtidos por cada abordagem e, além disso, deixando espaço para tratamento dos problemas também no plano político.

#### **4. Operacionalização do método e medição dos efeitos ambientais do MSE**

O conceito de metabolismo, proveniente da Biologia, refere-se a processos internos de um organismo vivo, no qual, matéria orgânica e inorgânica são transformadas e convertidas em elementos necessários para o crescimento do organismo e manutenção de sua vida. Entretanto, a noção de metabolismo deste trabalho é mais ampla. Ela refere-se ao ciclo, em permanente repetição, que envolve à obtenção no ambiente e o processamento no interior do organismo dos recursos energéticos-materiais, bem como a deposição de volta ao ambiente dos rejeitos não aproveitados internamente, os quais voltam a integrar novamente o ambiente. Para designar esse processo a Teoria de Sistemas tem utilizado os termos “metabolismo energético” (para sistemas fechados) e “metabolismo energético-material” (para sistemas abertos).

Em sistemas quais os organismos vivos, esse metabolismo tem sua expressão medida pelos fluxos reais de matéria e energia possibilitando percepções concretas sobre a eficiência do seu funcionamento. Entretanto, no caso do MSE, essa eficiência tem sido considerada através da mediação de um sistema monetário que, não somente virtualiza as expressões do metabolismo convertendo-as em valor, como também seleciona, entre os componentes que o integram, aqueles passíveis de serem valorados, portanto, computados na medição de sua eficiência.

Assim, de um lado está a base real do MSE repousando sobre o fluxo concreto de substâncias, mercadorias e força de trabalho e sendo balizado por interações complexas entre as sociedades humanas e o ambiente planetário. De outro lado está a base monetária da economia que mede a eficiência desse mesmo MSE apenas pela circulação monetária representativa dos processos de produção-circulação-consumo.

Essa expressão, exclusivamente monetária do MSE, além de representar grandezas desencaixadas do real valor - porque mediadas por indiosincrasias de mercado, - não inclui como parcelas valoráveis componentes significativos, tais como, os recursos retirados livremente do ambiente e os efeitos ambientais advindos das externalidades sócio-econômicas.

Essa via de considerar o MSE enseja um descompasso na interação das sociedades com seus ambientes, pois os sinais produzidos pelas alterações ambientais não são captados pelos mecanismos monetários e, por isso, não possibilitam atualizações estruturais no sistema sócio econômico que produz esse MSE, desconsiderando propriedade fundamental na relação de sistemas abertos e auto-organizados (FENZL, 1997(a):405). Assim, ao não visibilizar componentes importantes do seu custo, encoraja processos econômicos minimizados em força de trabalho e maximizados em matéria e energia o que contribui para um aumento do desemprego, da exploração humana e da pressão sobre o ambiente.

Então, uma via alternativa é a mensuração do MSE real com objetivo de se ter visível sua concreta **Eficiência Energético-Material (EEM)**, isto é, a relação entre a quantidade total de matéria-energia usadas e a quantidade efetivamente presente nos produtos gerados, bem como, a quantidade e nocividade dos rejeitos depositados no ambiente.

Um enfoque dessa natureza possibilitaria a comparação entre **eficiência monetária e eficiência energético-material** dos processos sócio-econômicos. Isso ensejaria à sociedade meios de buscar, conscientemente, a desconexão do seu desenvolvimento da sobrecarga que ele hoje representa para o ambiente natural e para seus membros menos favorecidos.

Para isso, entretanto, é necessário um conjunto de informações capaz de medir os aspectos da relação sociedade-ambiente, com maior abrangência possível, devendo, para tanto, ser considerado, não apenas o que atravessa (como entrada e saída) a fronteira entre os dois sistemas, mas também as intervenções colonizadoras da sociedade humana em relação aos diversos sistemas naturais.

Uma proposta de indicadores representativos dessas informações pode ser vista na Figura 4 e a relação de cada grupo de indicadores com o MSE pode ser vista na Figura 5.

Enquanto características gerais, esses indicadores devem ser expressados em unidades e periodicidades semelhantes (para fluxos físicos); aplicáveis a todos processo produtivos de qualquer economia; vinculados a processos econômicos de qualquer tamanho, com qualquer especificidade e para qualquer ramo de atividade; comparáveis os dados monetários dos Sistemas de Contabilidade Nacionais; passíveis de receber a agregação de novos indicadores; e capazes de refletir propriedades relevantes ambientalmente sem trazer incluído, em suas grandezas, juízo de valor apriorístico.

As **Emissões (EMI)** representariam o conjunto de substâncias sólidas, líquidas e gasosas, com potencialidades nocivas produzidas pela sociedade e vertidas ao ambiente natural. Trata-se de um conjunto de itens estabelecidos internacionalmente quanto aos impactos que causam e que podem ser produzidas por processos não intencionais, como efeitos secundários inevitáveis das atividades econômicas. Por exemplo, uma hidrelétrica é construída para produzir energia, mas ao mesmo tempo produz dióxido sulfúrico e outros poluentes.

Os **Impactos Econômico-Ecológicos (IEE)** representariam o conjunto de propriedades físicas, ecologicamente relevantes, do sistema sócio-econômico, e são considerados como parâmetros para medir a eficiência ecológica da economia e caracterizar seu metabolismo em termos da utilização de matéria e energia. É pressuposto que o sistema sócio-econômico terá maior eficiência e menos impacto ecológico quanto menores forem as quantidades de matéria e energia manejadas pelo seu metabolismo. As informações geradas por esses indicadores são particularmente úteis para uma avaliação termodinâmica de seus processos econômicos e devem ser ajustadas aos dados monetários da economia registrados nos Sistemas de Contabilidade Nacional, isto é, devem expressar a dimensão físico-material das estatísticas econômicas monetarizadas. Há evidências de que as dimensões físicas e monetárias de um sistema sócio-econômico são relativamente independentes e podem, em vários casos, assumir tendências até antagônicas (FENZL, 1995: 2).

As **Intervenções Propositais nos Processos Vitais (IPPV)** representariam o conjunto de sintomas reveladores da intervenção humana no ambiente causadoras de minimização da biodiversidade. Diferentemente das emissões, que ocorrem como efeitos secundários não intencionais das atividades da sociedade, essas intervenções são propositais e visam a “**colonização**” do ambiente em favor da manutenção, reprodução e ampliação do sistema sócio-econômico. Esse conjunto de informações visibiliza a intensidade de intervenção da sociedade na vida dos sistemas naturais, traduzindo o quanto as condições de vida e a evolução de outras espécies são determinadas pelo homem. Exemplo dessas intervenções são as construções rodoviárias, onde se destroem vegetação, animais, habitats raros, visando especificamente facilitar a mobilidade humana. Embora não expressem, de maneira direta, questões associadas ao **MSE**, pois não representam nem “entradas”, nem “saídas” essas informações permitem à sociedade avaliar com mais segurança o quanto tem se apropriado de espaços do seu ambiente e causado modificações extensas nele, em prejuízo do seu equilíbrio natural e da biodiversidade. Esse aspecto de sua relação com a natureza reflete, de certa maneira, o estado da “saúde ético-moral” da relação que desenvolve com seu ambiente natural.

Figura 4: Indicadores de Periculosidade Ambiental Socialmente Produzida

<p><b><u>1. Emissões (EMIs)</u></b></p> <p>1.1. <u>Emissões Gasosas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Contribuição para o Aquecimento Global em equivalentes de CO<sub>2</sub></li><li>• Contribuição para a Destruição da Camada de Ozônio</li><li>• Efeitos tóxicos expressos em concentrações de cada gás ou elemento tóxico</li></ul> <p>1.2. <u>Emissões Líquidas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Contribuição para o Consumo de Oxigênio</li><li>• Contribuição para a Eutrofização de mananciais hídricos</li><li>• Efeitos tóxicos expressos em concentrações associadas à cada líquido ou elemento tóxico dissolvido</li></ul> <p>1.3. <u>Emissões Sólidos</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Total de resíduos (em toneladas ou volumes)</li></ul> <p><b><u>Impactos Econômicos-Ecológicos (IEEs)</u></b></p> <p>2.1. <u>Balço Material</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo de materiais (primário, secundário e total expressos em toneladas)</li><li>• Resíduos materiais (em toneladas)</li><li>• Intensidade material (toneladas/unidades monetárias)</li></ul> <p>2.2. <u>Consumo de Energia</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo líquido - renovável/não-renovável (em joules)</li><li>• Consumo líquido de eletricidade (em joules)</li></ul> <p>2.3. <u>Transporte (por terra, água e ar)</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Quilômetros por passageiro</li><li>• Quilômetros por tonelada</li></ul> <p><b><u>3. Intervenções Propositais nos Processos Vitais (IPPVs)</u></b></p> <p>3.1. <u>Intervenções em biomas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Apropriação de produção primária líquida (PPL/Joule)</li><li>• Intervenção em cursos naturais de rios (Joule/Km)</li><li>• Apropriação de água (m<sup>3</sup>)</li><li>• Despejo de fertilizantes inorgânicos (em toneladas de N, P, K)</li><li>• Despejo de pesticidas (em toneladas)</li></ul> <p>3.2. <u>Violência contra animais</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Confinamento animal abaixo padrão mínimo de vida (n° de animais/tempo)</li><li>• Matança e experimentos c/animais abaixo padrão ético ou técnico (n° de animais/tempo)</li></ul> <p>3.3. <u>Intervenção na evolução</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Técnicas de melhoramento (unidade ainda não estabelecida)</li><li>• Técnicas de engenharia genética (unidade ainda não estabelecida)</li></ul>
---

Fonte: Adaptado de FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1992.

Figura 5: Características dos Indicadores de Periculosidade Ambiental Socialmente Produzida.

Grupos de Indicadores	Tipos de Informações Geradas	Relação com o MSE
<b>EMIs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissões não intencionais de substâncias geradas como efeito secundário inevitável da atividade econômica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saídas de rejeitos produzidos e não utilizados em novos processos econômicos.</li> </ul>
<b>IEEs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material (primário, secundário, recusado) usado nos processos sócio-econômicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entradas do MSE.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bens ou serviços úteis produzidos pelo sistema sócio-econômico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parte das saídas do MSE.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia consumida e quantidade de materiais movimentada no sistema sócio-econômico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensiona o MSE em termos de sua capacidade de processamento de energia e matéria(movimentação).</li> </ul>
<b>IPPVs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervenções humanas propositais a nível de ecossistemas, de espécie e de gen, visando adaptá-los às suas necessidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não fazem parte direta do MSE mas contribuem para potencializá-lo em sua dinâmica e para aumentá-lo de tamanho, pois expressam a “colonização” do ambiente.</li> </ul>

## 5. Um exemplo empírico de medição do MSE

Para exame da aplicação empírica do método foram selecionadas informações relacionadas com **Balanco Material e Intervenção em Ecossistemas**.

### 5.1. A medição do Balanco Material

FISCHER-KOWALSKI e HABERL (1992: 20), apresentam pesquisa sobre o Balanco Material da economia da Áustria, realizada com enfoque similar ao tratado anteriormente e que foi baseada em um sistema de informação proposto por FISCHER-KOWALSKI et. all. (1991); FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER (1992); FISCHER-KOWALSKI e HABERL (1992). O Quadro 1 apresenta a medição das diversas variáveis relacionadas com o Balanco Material.

Quadro 1: Balanco Material de 04 Ramos Econômicos da Áustria - 1988 (milhões toneladas).

COMPOSIÇÃO DO BALANÇO MATERIAL		RAMOS ECONÔMICOS			
		Extração petróleo e gás	Indústria derivados de petróleo	Indústria celulose e papel	Indústria elétrica
ENTRADAS PRIMÁRIAS (extraídos direta- da natureza)	• Recursos extraídos diretamente	2.153	-	-	-
	• Água	1.761	12.598	220.700	13.811
	• Oxigênio e nitrogênio	?	?	?	?
	• Outros recursos	-	-	-	-
ENTRADAS SECUNDÁRIAS (material intermediário fornecido pela economia)	• Combustíveis	0,063	0,664	0,386 <sup>(1)</sup>	0,041
	• Outras <sup>(2)</sup> entradas secundárias, das quais:	0,005	8,247	5,427	0,686
	-Rejeitos recicláveis	--	--	3,825 <sup>(3)</sup>	0,005
	-Utilizados p/embalagens	--	--	0,051	0,035
TOTAL DAS ENTRADAS		3.982	21.509	226.513	14.538
SAÍDAS	• Produtos	2.153	8.129	4.105	0,607
	• Total resíduos <sup>(4)</sup>	1.829	13.380	222.408	13.931
	• Resíduos <sup>(4)</sup> menos água	0,068	0,782	1.708	0,120

TOTAL DAS SAÍDAS	3.982	21.509	226.513	14.538
Número médio anual de empregados	2.813	3.391	12.474	72.379
Valor da produção em bilhões de unidades monetárias <sup>(5)</sup> .	2.916	16.571	36.446	60.415

1. Estão excluídos os resíduos combustíveis.
2. Estão incluídos produtos primários não processados fornecidos por outros setores.
3. Estão incluídos os resíduos a serem reutilizados como fonte combustível.
4. Trata-se dos resíduos. Diferença entre a matéria utilizada e a matéria embutida nos produtos
5. Xelim Austríacos (AS)

Fonte: FISCHER-KOWALSKI e HABERL (1992: 20)



Com o objetivo de comparar o desempenho de diferentes atividades industriais em diferentes anos e em diferentes países FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER (1992) propõem **Indicadores de Intensidade Material**, conforme incluídos no Quadro 2.

Quadro 2: Indicadores de Intensidade Material de 04 Ramos Econômicos da Áustria - 1988

INDICADORES		Extração de petróleo e gás	Indústria de derivados de petróleo	Indústria de celulose e papel	Indústria elétrica
Total de entradas por empregado (tons/EMP) <sup>1</sup>	Inc. água	1.416	6.343	18.159	201
	Exc. água	790	2.628	466	10
Total de entradas em relação ao valor da produção (tons/1000 AS) <sup>(1)</sup>	Inc. água	1,37	1,30	6,22	0,24
	Exc. água	0,76	0,54	0,16	0,01
Resíduos materiais por empregado (tons/emp/tempo)	Inc. água	650	3.946	17.830	192
	Exc. água	24	231	137	2
Resíduos materiais em relação ao valor da produção (tons/1000 AS)	Inc. água	0,63	0,81	6,10	0,23
	Exc. água	0,02	0,05	0,05	0,00
Eficiência Material <sup>(2)</sup>	Inc. água	0,54	0,38	0,02	0,04
	Exc. água	0,97	0,91	0,71	0,83
Intensidade de empacotamento <sup>(3)</sup>		0,00	0,00	0,01	0,06
<p>1. Exclui oxigênio e nitrogênio.</p> <p>2. Percentual do material gerado em forma de produtos em relação ao material usado como entrada.</p> <p>3. Relação percentual entre o material usado na embalagem e o material embutido no produto.</p>					
<p>Observação: os dados numéricos foram extraídos da Quadro 1</p>					
<p>Fonte: FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER (1992: 16)</p>					

Da análise de alguns itens do Quadro 3 podem ser tiradas algumas conclusões:

- A indústria elétrica requer 10 kg de material para gerar 1000 AS ( $\approx$  100 U\$), enquanto a indústria de extração de petróleo requer 760 kg.
- A indústria de papel e celulose produz 50 kg de resíduos para 1000 AS ( $\approx$  100 U\$) gerados, enquanto a indústria de extração de petróleo produz 20 kg.

- A indústria elétrica utiliza 10 tons de material para cada emprego que gera enquanto a indústria de derivados de petróleo utiliza 2.628 tons.
- A indústria elétrica produz, anualmente, apenas 2 toneladas de resíduos para cada emprego gerado, enquanto a de derivados de petróleo produz 231 toneladas.

Esse pequeno exemplo mostra uma grande variação na intensidade material entre os diversos ramos da economia e demonstra que não existe correlação entre os valores monetários das entradas e a eficiência com que são manejados e os empregos que geram. Tampouco há correlação entre os ramos mais danosos para o ambiente e o valor da produção gerada ou empregos gerados.

Informações dessa natureza precisarão ser produzidas para todos os ramos econômicos por vários períodos, para ensejar base que facilitem decisões políticas mais consentâneas com a sustentabilidade da relação sociedade-natureza. Dessa maneira se torna possível caracterizar um **MSE** qualquer, não somente pelos parâmetros clássicos da economia monetarizada mas também por sua **eficiência energético-material**.

Os quadros apresentados anteriormente referem-se apenas a quatro ramos econômicos porém, usando dados obtidos de uma variedade de estatísticas econômicas e considerando uma população de 7,8 milhões de habitantes, a totalidade<sup>12</sup> do **MSE** austríaco referente a 1988 foi também calculado (Steurer, 1992, citado por FISCHER-KOWALSKI e HABERL, 1993:14) e apresentou os seguintes principais resultados:

---

<sup>12</sup> Para poder interpretar corretamente o conjunto das informações é necessário definir fronteiras do sistema considerado. Basicamente, há duas possibilidades:

a) definir as fronteiras do país do ponto de vista geopolítico, ou seja, usando as fronteiras dos estados nacionais. Assim, produtos de outros países que atravessam a fronteira nacional, mesmo material *in natura* comprado como produto, são considerados “entradas” importadas. De igual maneira aquilo que destina-se a outros países é considerado “saída” exportada.

b) definir as fronteiras do ponto de vista geográfico, usando as fronteiras estabelecidas pelo ambiente natural. Assim a água do solo extraída e usada para processos agrícolas, domésticos, urbanos ou indústria, é contada no **MSE**. De igual maneira o alimento de animais em criadouros, o ar utilizado para combustão, os minérios, petróleo, gás, etc.

“Entradas” totais do MSE (milhões de toneladas)		Composição de “outros materiais” <sup>(*)</sup> (milhões de toneladas)		“Saídas” do MSE relacionadas com “outros materiais” <sup>(**)</sup> (milhões de toneladas)	
Água	3.30088%	Material de construção	50	Material extraído	15
Ar	300 8%	Forragens	24	Resíduos gasosos	27
Outros materiais	160 4%	Energia	22	Adubo/esterc	>24
Total	3.760 100%	Madeira	21	Estoque de infra-estrutura	52
		Material extraído	15	Entulho	7
		Cereais	12	Resíduos sólidos	15
		Minério	7	Águas residuais	>7
		Outros	9	Outros	<9
		Total	160	Total	±160
		(*) Parte importada de “outros materiais” = 40		(**) A parte exportada para outros países = 16	

Assim, os resultados mais importantes que caracterizam o **MSE** austríaco são:

- O **MSE** maneja, por ano, quase 4 bilhões de toneladas de materiais, o que significa uma taxa próxima de 500 tons. por habitante ou 1,3 tons. por dia;
- A água é responsável por 88% de todo o **MSE**. Desse total  $\frac{3}{4}$  é usado pela indústria e produção de eletricidade, 20% para fins domésticos e apenas 5% para irrigação na agricultura;
- A taxa *per capita* de água situa-se em 423 toneladas anuais ou 1.160 litros por dia, representando em torno de 20 vezes as necessidades biológicas mínimas (2 litros para beber e 50 litros para asseio e preparo de alimentos);

- O segundo item mais importante do **MSE** é o oxigênio do ar, representando 8% do total (38 toneladas anuais por habitantes ou 150 kg por dia) os quais são utilizados, sobretudo, para combustão e processos técnicos. Nessa quantidade não está incluído o oxigênio utilizado na respiração humana e criações domésticas (cerca de 13 kg diária por adulto);
- Os materiais sólidos utilizados no **MSE** representam apenas 4% do total e desses 75% são extraídos do ambiente natural do próprio país, enquanto que o restante é importado de outros países (combustíveis, madeira, metais, etc.);
- A quase totalidade da estrutura do **MSE** repousa sobre serviços oferecidos pelo ecossistema do próprio país. A exceção é de apenas 1%, importado de outros países, referente, sobretudo, a combustíveis;
- 87% de todos os materiais que circulam na economia são produtos primários, com destaque para material de construção, que representa em torno de um terço.
- 36 milhões de toneladas de biomassa (forragens e cereais) são consumidas para nutrição, representando uma taxa *per capita* diária de 12,6 kg ou 45.000 Kcal, 20 vezes maior do que o metabolismo biológico requer.
- A utilização de madeira (construção, industrialização e combustão) representa 13%, mas, se juntada com outras fontes de biomassa, encontra-se um total de 36%;
- Quase um quinto do material sólido utilizado no MSE (combustíveis fósseis e minérios) são extraídos de fontes subterrâneas ancestrais não renováveis e que passam a integrar o ciclo corrente da biosfera;
- Cerca de 1/3 (52 milhões de toneladas) do material manejado pelo MSE passa a integrar o estoque de material já utilizado em infra-estrutura permanente (rodovias, edifícios, hidrelétricas, etc.);
- Em torno da metade desse material é disponibilizado para uso imediato (nutrição e combustão) transformando-se em emissões para o ambiente, enquanto 1/5 circula no sistema por um período longo ou são exportados para outros países;

Do lado das “saídas” é possível destacar:

- Somente 15% (24 milhões de toneladas de adubo/estercos) do total de material pode ser considerado contribuição para regeneração do ambiente;
- 50% representa resíduos (águas residuais, entulho, resíduos sólidos, etc.) despejados no ambiente com maior ou menor nocividade.

## 5.2. A Medição da Intervenção nos Processos Vitais

Como já tratado anteriormente, a relação sociedade-natureza não se caracteriza apenas pela retirada de recursos do ambiente, sua metabolização na intimidade do sistema sócio-econômico e a devolução ao ambiente de produtos ou resíduos. O problema central é a velocidade de expansão do metabolismo e a maneira como a sociedade o organiza em relação ao seu ambiente. A dinâmica social relacionada com a ampliação e ocupação de espaços naturais cada vez maiores tem sido chamada de **colonização**.

Florestas destruídas para transformação em pastagens, mudanças em cursos de rios para construir hidrelétricas, construção de rodovias e cidades, e outras atividades do gênero representam intervenções propositais que interferem na estrutura do sistema natural e mudam seu funcionamento normal. Essas intervenções são expressadas pelos indicadores que caracterizam as **Intervenções Propositais nos Processos Vitais (IPPV)**.

A ecologia, como disciplina integrada às ciências naturais, legitimou-se pelos estudos sobre fluxo de energia nos ecossistemas. Em termos simples é aceito que a vegetação verde converte energia solar em energia química através da fotossíntese. A energia assim acumulada, chamada de **Produção Primária Líquida (PPL)**, se torna disponível para todos os outros organismos da cadeia alimentar que se inicia no vegetal conversor. Isto significa que a energia provinda da fotossíntese é vital para uma grande parte das espécies que existem nos diversos ecossistemas do nosso planeta.

Assim, a **PPL**, enquanto energia acumulada pelos vegetais no período de um ano através da fotossíntese, representa um parâmetro fundamental para orientar as intervenções propositais no ambiente, pois:

a) Há evidências de que o número de espécies de um ecossistema está relacionado com fluxo de energia desse ecossistema, isto é, quanto menor for o fluxo de energia menor será a biodiversidade desse ecossistema (WRIGHT, 1990: 189).;

b) Ainda que não se saiba em que ordem de grandeza, é certo que a apropriação de **PPL** dos ecossistemas tem limites, além dos quais, a sustentabilidade fica comprometida. Embora carecendo de comprovações incontestáveis, a apropriação de **PPL** pela sociedade parece alta e comprometidora da vida de outras espécies, pois há estimativas de que, entre 20 e 40% da **PPL** terrestre global, já foi apropriada pelo homem (WRIGHT, 1990 e MAX NEEF, 1991).

O Quadro 3 apresenta dados empíricos que mensuram a intervenção humana nos ecossistemas através da apropriação de **PPL** pelo MSE. A apropriação (**PPL<sub>A</sub>**) realizada pela sociedade seria a

diferença entre a **PPL** de um ecossistema sem distúrbio, calculado de maneira hipotética (**PPL<sub>H</sub>**) e a sua **PPL** atual. Dois são os modos de a sociedade diminuir a **PPL** disponível:

- a) construindo estruturas (estradas, cidades, hidrelétricas, etc.) que reduzem as áreas verdes;
- b) e utilizando-a como entradas secundárias no **MSE** (alimentos, forragem, matéria prima, etc.).

Quadro 3: Estimativa da apropriação de PPL na Áustria - 1988

USOS SÓCIO-ECONÔMICOS	ÁREA RELACIONADA (emKm <sup>2</sup> )	ENERGIA PROVINDA DA FOTOSSÍNTESE <sup>1</sup>		DISTRIBUIÇÃO (%) DA PPL APROPRIADA
		PPL <sub>H</sub> Hipotética <sup>2</sup> (PJ/a) <sup>3</sup>	PPL <sub>A</sub> Apropriada pelo homem (PJ/a)	
• Agricultura <sup>4</sup>	15.900	370	250	40,4
• Pastagens	21.000	280	180	29,0
• Florestas	34.300	580	110	17,7
• Jardins e parques	1.700	40	20	3,2
• Zonas de tráfego	1.600	40	40	6,5
• Edificações	700	20	20	3,2
• Outros <sup>5</sup>	8.000	40	0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>83.200</b>	<b>1.370</b>	<b>620</b>	<b>100,0</b>

1. Estimativas iniciais baseada na literatura internacional.

2. Produção primária líquida de energia que o ecossistema deveria produzir se não tivesse ocorrido intervenção humana.

3. 1 PJ = 10<sup>15</sup> J (Joule).<sup>13</sup>

4. Incluindo vinhedos.

5. Incluindo águas e áreas sem uso.

Fonte: FISCHER-KOWALSKI, HABERL e PAYER, 1992: 21

Assim, os resultados mais importantes que caracterizam a apropriação da PPL pelo MSE austríaco são:

- A **Produção Primária Líquida** de energia, se o território austríaco não tivesse tido nenhuma intervenção humana (PPL<sub>H</sub>), seria de 1370 PJ. Desse total, o sistema sócio-econômico já se apropriou de 620 PJ, representando 45%;

<sup>13</sup> 1000 J = 1 KJ; 1000 KJ = 1 MJ; 1000 MJ = 1 GJ; 1000 GJ = 1 TJ; 1000 TJ = 1 PJ ou 10<sup>15</sup> J

- Com essa apropriação restam apenas 55% (um pouco mais da metade) para todas as outras espécies do ecossistema, fato que, do ponto de vista do abordagem **Equilíbrio Sistêmico** e do **Ético-Moral**, é bastante significativo;
  - Cerca de 70% da apropriação é feita para fins de nutrição (agricultura e pastagens), quase 18% é devido à exploração madeireira, e em torno de 10% refere-se a construções e infra-estrutura;
  - Considerando-se os dados da Tabela 3 e a população austríaca em 1988 com 7,8 milhões temos que:
    - $PPL_A = 620 \text{ PJ} = 620 \times 10^{15} \text{ J/ano}$ .
    - $PPL_A \text{ per capita} = 80 \times 10^9 \text{ J/ano} = 219.178.000 \text{ J/dia}$ .
  - Tendo em vista que:
    - 1 Kcal é igual a 4.180 J e que a necessidade diária *per capita* de calorias é de 2.200 Kcal ou 9.196.000 J...
- então...
- O  $PPL_A \text{ per capita}$  diário da Áustria é superior em cerca de 24 vezes a necessidade diária *per capita* de calorias.

## 6. Relevância da Medição do Fluxo Energético-Material do MSE

### 6.1. A experiência vivida como obstáculo para mudanças

O projeto técnico-científico da modernidade apresentou, no final do século XVIII, com a Revolução Industrial, os alicerces de um novo modo de produção, um novo estilo de vida e, por conseguinte, um novo modo de relação com o ambiente.

A base desse projeto tem por cerne uma potência matriz latente - a objetivação da natureza através da ciência natural exata; uma fonte de autoridade congnovente - razão humana; um método de investigação do real - a análise experimental; uma atitude mental em relação a natureza - a de senhor e dono; uma ideologia filosófica - o positivismo; um sentido de história - o progresso técnico-científico; um espírito econômico - o capitalismo; e uma dinâmica de aproveitamento do real - o industrialismo (MEYER, 1966).



Esse agregado de valores hegemonizou-se, configurou a cultura do ocidente, ampliou-se para todas as latitudes e hoje, globalizado, é o vetor onipotente dos destinos da civilização. Todas as nações desejam adotá-lo e o perseguem como única salvação para seus cidadãos. O modelo de desenvolvimento surgido dessa matriz se converte em única expectativa a ser buscada à qualquer custo.

Há indícios, em círculos acadêmicos e de militância ecológica, de que novos paradigmas para a ciência e para a vida, começam a emergir. Entretanto, a disseminação de novos valores capazes de reconfigurar toda a relação da sociedade com seu ambiente não acontece de imediato, especialmente quando, a experiência cotidiana dessa sociedade parece não apontar para a necessidade de mudanças em seu estilo de vida.

Ao contrário do que aconteceu com as sociedades de caçadores e coletores e com as sociedades agrícolas, que efetivamente experimentaram efeitos danosos toda vez que suas necessidades ultrapassaram as possibilidades ambientais, a sociedade industrial dos dias atuais registra o contínuo barateamento dos recursos naturais, o permanente aumento na oferta de produtos agrícolas, o alargamento do tempo e da qualidade de vida, a constante inovação tecnológica para sustentar consumos crescentes e a desconexão da manutenção de seu MSE de suas bases territórios por poderem obter e transportar, de qualquer distância e a preços baixos, os recursos necessários para tal.

Por outro lado, os países industrializados, por já terem resolvido a maioria dos problemas sociais acarretados pelo atraso econômico, dispensam-se da necessidade de crescimento à taxas elevadas e, mesmo quando surge o desemprego como consequência de crises sazonais, os aparatos sociais minimizam os impactos sobre as pessoas. Essas circunstâncias ofuscam a natureza intrínseca do modo de produção expressado pelo capitalismo industrial e propiciam à sociedade a sensação de viver no “melhor dos mundos”.

Além disso, longe de causar repulsa, o modo de produção e estilo de vida das sociedades industriais representa um modelo que os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento tudo fazem para imitar<sup>14</sup>. E isso representa o grande impasse da atualidade.

É possível estender esse modo de produção e estilo de vida para todos os recantos do planeta? Pode o ambiente planetário continuar funcionando com os mesmos padrões que até agora garantiram

---

<sup>14</sup> LIMA (1997:2) considera que não há expectativa de se abdicar do estilo de vida, das comodidades e dos avanços técnicos-científicos que a modernidade propiciou em favor de caminhos onde essas conquistas tenham que ser recusadas. Assim se refere: “... não se concebe ... [as] poucas sociedades sustentáveis conhecidas serem consideradas exemplos para as sociedades desenvolvidas seguirem, ou de um chefe Kaiapó prestando consultoria em um Ministério Europeu. Estamos longe de ter uma postura totalmente desencantada com os resultados da industrialização”.

o sobrevivência da civilização se a forma de relação sociedade-natureza gerada por esse modo de produção e estilo de vida se globalizar?. Há indícios de que isso parece não ser possível.

Então, a busca de modos de produção mais sustentáveis requer esforço no sentido de convencer a sociedade, especialmente seus âmbitos de formulações econômicas e políticas, de que existem indícios concretos que apontam para o esgotamento dos modelos vigentes e colocam em risco sua própria sobrevivência.

Entretanto, se os indicadores que registram a performance da sociedade industrial apontam para resultados positivos que reforçam os atrativos do industrialismo-capitalista, é necessário sejam produzidas informações de outra natureza, capazes de tornar visíveis os fatores nocivos da relação sociedade-ambiente geradas por esse modo de produção.

Nesse contexto insere-se a relevância da abordagem apresentada neste trabalho. É que, trazendo à tona o verdadeiro peso dos diversos processos sócio-econômicos sobre o ambiente, a sociedade terá condições de redirecionar, de forma consciente, os rumos do seu atual padrão de interação com o meio, antes que esse meio, ajustando-se às interferências produzidas pela sociedade, mude seu padrão de funcionamento e inviabilize a civilização.

## 6.2. Avanços que a abordagem possibilita

Na discussão sobre desenvolvimento sustentável tem surgido incontáveis propostas no sentido de minimizar a nocividade das atividades sócio-econômicas em relação à natureza. Entretanto, quase todas baseiam-se em justificativas éticas, em desejos políticos ou em convicções ideológicas, todas representando generosas intenções mas sem poder de convencimento sobre a sociedade, exatamente porque desacompanhadas de informações que realmente viabilizem, em linguagem legitimada por todos, o verdadeiro peso da MSE sobre o ambiente.

Nessa perspectiva, a produção de **Indicadores de Periculosidade Ambiental Socialmente Produzida** representa um avanço na abordagem da sustentabilidade e, de maneira mais específica, a medição do fluxo energético-material do MSE, possibilita a viabilização imediata de políticas potencialmente capazes de reverter as interferências danosas sobre a natureza.

Alguns exemplos dessas políticas são apresentados abaixo:

- **Políticas tributárias com base de cálculo assentada em matéria e energia**

A maioria das alternativas de tributação sobre os processos sócio-econômicos e sobre os produtos por eles gerados toma por base de cálculo os valores monetários à eles associados, ainda que taxas diferentes sejam adotadas para processos e produtos diferentes.

Essa via de tributação não considera o peso desses processos e produtos em relação ao ambiente e, por isso, pouco efeito tem na configuração do MSE.

Políticas de tributação que tomassem por base de cálculo a quantidade de matéria e energia embutidos e usados nos produtos e processos econômicos certamente tenderiam a se refletir nos preços dos produtos, melhor expressando seus pesos em relação ao ambiente. Ademais, por influenciarem diretamente os preços, as considerações sobre o consumo energético-material se tornariam permanentes na agenda da sociedade, ensejando, assim, uma visão mais clara da verdadeira dimensão do MSE.

Ainda como decorrência de políticas dessa natureza, seria possível regular com taxações diferenciadas, recursos naturais sobre-explorados ou em vias de extinção, situações que nem sempre o mercado é capaz de regular porque este se baseia pela oferta já em circulação e não pela situação de suas fontes de reserva.

- **Políticas para intensificação do uso trabalho humano**

Por variadas razões, que não serão analisadas aqui, a produção industrial tende, cada vez mais, a minimizar o fator trabalho como componente de seus custos. Isso ocorre porque, à medida que a sociedade avança na conquista de direitos, esse fator aumenta seu peso tanto por conta do seu preço em si mesmo quanto por conta de tributos baseados na folha de pagamento das empresas.

Por outro lado, os recursos naturais embutidos nos produtos e utilizados pelos processos econômicos que os geram tendem a ficar mais baratos, em razão da competição globalizada que se acirra cada vez mais através do rebaixamento de preços, da formação de oligopólios que controlam os grandes fluxos globais e, também, da própria insuficiência do mercado em refletir a superexploração ou esgotamento dos recursos.

Então, a constante tendência do capitalismo-industrial é diminuir custos com mão de obra e fazer seus produtos intensivos em matéria, energia e tecnologia, sendo que essa, sempre no sentido de viabilizar a eliminação do trabalho.

Políticas no sentido de desonerar o valor dos salários de qualquer tipo de tributo e de onerar apenas a parte material-energética embutida nos produtos e usada nos processos econômicos que o geram, certamente tenderão a reformar o sistema produtivo fazendo-o mais intensivo em mão de obra e menos em matéria e energia.

As vantagens são significativas não somente por ensejar a diminuição na pressão sobre o ambiente, mas também porque geraria mais empregos e estimularia a demanda por tecnologias mais consumidoras de força humana e menos dependente de matéria e energia.

- **Políticas de redução do tempo de trabalho**

O modo de vida, os hábitos de consumo e as necessidades que o homem moderno tem são decorrentes do contínuo encurtamento do tempo que dispõe para dedicar ao seu livre usufruto.

Impossibilitado de buscar satisfações livremente escolhidas, cria mecanismos de compensação quais a aquisição compulsiva de artefatos supérfluos ou desnecessários, o desenvolvimento de exigências alimentares e de lazer geradoras de desperdício e de doenças, a busca de ostentação e luxúria como forma de garantir reconhecimento, a necessidade de compensar materialmente filhos, familiares e amigos pelo distanciamento imposto pela vida moderna, etc.

Essas circunstâncias explicam parte do excessivo consumo material-energético da sociedade industrializada e, certamente, podem ser minimizadas em seus efeitos através de políticas que reduzam essa verdadeira escravidão ao trabalho.

Políticas nesse sentido incluem não somente a redução em si das jornadas de trabalho, mas também a adoção de outras formas de remuneração baseadas em unidades de tempo livre para utilização autônoma. Por exemplo, uma espécie de “bonus hora” para pagar ganhos de produtividade, gratificações, parte dos aumentos salariais, etc.

- **Políticas em relação ao mercado**

Essa abordagem também possibilita o tratamento da questão relacionada com a tirania do mercado, enquanto entidade hegemônica na regulação dos processos econômicos. É que, sendo esse mercado fundamentado em valores monetários, qualquer iniciativa dos Estados para regulá-lo acaba também por basear-se em variáveis que são, direta ou indiretamente, dependentes dos valores monetários. Como os mecanismos do mercado atuam com independência e autonomia sobre esse valor monetário, o poder de interferência dos Estados está sempre a reboque das dinâmicas engendradas pelos mercados. Assim, se os Estados passarem a dispor de outras variáveis diferentes - portanto independentes do mercado - para estabelecerem suas políticas de regulação, então eles recuperam uma via efetiva para correção de imperfeições no seu funcionamento.

Considerando que o enfoque apresentado enseja um outro tipo de unidade para expressar os processos e produtos que compõem a economia, unidade essa independente de mercado, os estados passam a ter uma alternativa consistente para retomarem o papel que lhes cabe na sua regulação.

### 6.3. Considerações adicionais à abordagem

O exemplo apresentado na seção 5 demonstra que, o levantamento dos **Indicadores de Periculosidade Ambiental Socialmente Produzida** e, dentro destes, os parâmetros energético-materiais para medir a eficiência do MSE de um sistema sócio-econômico se tornou hoje, a primeira tarefa de estudo sobre um desenvolvimento sócio-econômico sustentável.

Análises quais as apresentadas naquela seção visibilizam características nocivas do sistema sócio-econômico e ensejam bases sólidas para a adoção de políticas que induzam mudanças comprometidas com a sustentabilidade da relação natureza-sociedade.

Ademais, essa via de tratar a questão da sustentabilidade não traz, *a priori*, oposição ao crescimento econômico em si, pois as limitações demonstradas como necessárias são de natureza física, isto é, relacionadas com a intensidade material da economia. Ao contrário, sugere mesmo a possibilidade de perspectivas novas para a questão do desenvolvimento econômico, pois que, acena com a intensificação do uso de força humana nos processos produtivos e isso significa criar mercado de trabalho e, por conseqüência, mercado de consumo.

## 7. Comentários finais

O debate atual sobre os problemas de sustentabilidade na relação sociedade-natureza se desenvolve marcado por características que dificultam o estabelecimento de medidas concretas visando o encaminhamento de soluções. Entre outras, as mais significantes são:

- a) ausência de percepção uniforme sobre a natureza que a civilização atravessa;
- b) diferentes grupos de atores, com diferentes percepções sobre o que seja problema ambiental, legitimados por referenciais científicos distintos e que, naturalmente, possuem diferentes marcos conceituais unificadores;
- c) abordagens em níveis de generalização inviáveis de operacionalização o que restringe o debate ao nível apenas teórico e político;
- d) priorização, no debate, de alternativas normativas sobre “como deve ser” a sustentabilidade, em vez de focalização no “como ela é”, isto é, como ela se expressa.

Naturalmente que nenhuma das visões que hoje permeiam o debate ganhará hegemonia no trato com essas questões, por isso é necessário a busca de estratégias interdisciplinares nas quais todos as abordagens possam ser contemplados e que essas estratégias sejam passíveis de operacionalização, visando expressar aquilo que é entendido como sustentabilidade.

Com base na Teoria de Sistemas, uma metodologia foi apresentada através de dois conceitos fundamentais. O primeiro, **MSE**, traz a noção de que recursos são retirados do ambiente natural pela sociedade, que os absorve, processa-os na intimidade do seu sistema sócio-econômico e deposita-os de volta no ambiente na forma de produtos e resíduos.

Outro conceito, **Colonização**, traz a noção de que a sociedade, com objetivo de adequar o ambiente aos seus interesses, intervêm nesse ambiente, transformando-o para o atendimento de suas necessidades exclusivas, em prejuízo de outras espécies.

Os efeitos do **MSE** e da **Colonização** são percebidos de diversas maneiras e por diversos atores, dando origem a visões distintas sobre o que considerar como problema de sustentabilidade. Assim, as abordagens **Toxicológica**, **Equilíbrio Sistêmico**, **Termodinâmica**, **Ético-Moral e Econômica** foram analisados quanto aos fatores que cada um realça em relação a eventual nocividade daqueles efeitos.

Visando medir a intensidade de cada um dos fatores associados às diversas abordagens, foi proposto um conjunto de indicadores capazes de expressar grandezas analisáveis. Esses indicadores, com outros níveis de desdobramento, foram agrupados em três conjuntos:

- as **Emissões (EMIs)** relacionadas com a geração de substâncias originadas de processos não intencionais, considerados efeitos secundários da atividade econômica;
- os **Impactos Econômicos-Ecológicos (IEEs)** relacionados com a eficiência ecológica da economia em termos de utilização de matéria e energia;
- as **Intervenções Propositais nos Processos Vitais (IPPVs)** relacionadas com intervenções do homem no ambiente natural em termos de modificações introduzidas a nível de ecossistemas, de organismos e de gens.

Para configurar a operacionalidade dessas abordagens foram apresentados exemplos empíricos para **Balanco Material** (parte dos **Impactos Econômicos-Ecológicos**) e para apropriação de **Produção Primária Líquida** de energia (parte das **Intervenções Propositais nos Processos Vitais**), a partir dos quais uma série de análises foram feitas, com vistas a caracterizar diversos aspectos da sustentabilidade da relação sociedade-natureza.

O que ficou constatado é que a abordagem apresentada materializa uma via consistente no estabelecimento de relações sólidas entre o modo de produção dos atuais modelos econômicos baseados no capitalismo-industrial e a apropriação destrutiva dos recursos naturais do planeta.

Também destacou-se a relevância da abordagem para fundamentar políticas concretas passíveis de reverterem dinâmicas sócio-econômicas nocivas sem impedir a possibilidade do crescimento econômico.

Por fim, tendo-se em conta que os problemas da relação sociedade-ambiente guardam natureza e características similares em qualquer espaço geográfico, mudando apenas as razões, a intensidade e a amplitude com que se manifestam, é possível supor que as abordagens que fundamentam este trabalho podem também ser utilizadas para a Amazônia como um todo ou para qualquer outra unidade geográfica, mesmo para uma empresa, instituição da sociedade ou processo econômico isolado.

## Referências

- ALIER, Joan Martinez. **Curso de Economía Ecológica**. Barcelona: Universitat Autònoma. 1996
- CONSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. In: **Nature**, vol. 387, 15/05/97, pag. 253-260. 1997.
- FENZL, N. **Metabolismo social e econômico**. Notas de aulas proferidas no curso de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, NAEA/UFPA. Belém. 1995
- \_\_\_ Considerations about interaction and exchange of information between open and self-organized systems. In: **World Futures**, 1997, Vol. 49, pp. 401-408. Amsterdam: Overseas Publishers Association. .1997(a).
- \_\_\_ Estudo de parâmetros capazes de dimensionar a sustentabilidade de um processo de desenvolvimento. In: XIMENES, Tereza (Org.). **Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável ( uma contribuição para a amazônia 21)**. Belém: UFPA/NAEA/UNAMAZ. 657p. 1997(b).
- FISCHER-KOWALSKI, M. et. al. **Causer related environmental indicators: a contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA**. Research Report IFF - Soziale Ökologie n° 17, Wien. 1991
- FISCHER-KOWALSKI, M. e HABERL, H. e PAYER H. **A paradise for paradigms: outlining an information system on physical exchanges between the economy e nature**. ResearchReport IFF - Soziale Ökologie n° 22, Wien. 1992
- FISCHER-KOWALSKI, M. e HABERL, H. **Purposive interventions into life process: a neglected environmental dimension of the society-nature-relationship**. Research Report IFF - Soziale Ökologie n° 24, Wien. 1992
- \_\_\_ **Metabolism e colonisation: modes of production e the physical exchange between societies e nature**. Research Report IFF - Soziale Ökologie n° 32, Wien. 1993.
- \_\_\_ **On the cultural evolution of social metabolism with nature: sustainability problems quantified**. Reserch Report Iif- Soziale Ökologie n° 40, Wien. 1994.
- HARRIS, M. **Cultural Anthropology**. 3rd edition. New York: Harper and Collins. 1991.
- LIMA, Deborah. **Comentários sobre a noção polissêmica do desenvolvimento sustentável**. Simpósio Internacional: Amazônia - estratégias de desenvolvimento sustentável em debate. Belém: FASE, CPT/PA, NAEA/UFPA, MMNEPA, FETAGRI/PA/AP, MPST,FAOR, UNIPOP,ABONG e SACTES/DED. .Maio, 1997
- MACHADO, J. A. da C. A sustentabilidade do desenvolvimento e a expressão energético material dos processos econômicos. Projeto de Tese de Doutorado. Belém: UFPA/NAEA. 1998
- MAX-NEEF, M. A. **Spaculations and reflections on the future**. Official document No. 1 prepared for the Preparatory Committee of the Santiago Encounter, March, 13-15th, Santiago del Chile. 1991.
- MYER, Herman. **La tecnificación del mundo. Origen, esencia y peligros**. Version española de Rafael de la Vega. Madrid: Editorial Gredos. 410p. 1966.



PRIGOGINE, I. e STENGERS, I. **A nova aliança: a metamorfose da ciência**. Trad. Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília, Editora Universidade de Brasília. 1984.

RUNNELS, Curtis N. **Environmental Degradation in Ancient Greece**. In: **Scientific American**, March 1995, 72-75. 1995.

YARZA, Florêncio I. S. **Dicionário Griego-Español**. Barcelona: Editora Ramón Sopena. 1995

WRIGHT, D. H. **Human impacts on energy through natural ecosystems, e implications for species endangerment**. In: Ambio, vol. 19, 4, p. 189-194. 1990.