

#### **4. DESENVOLVIMENTO E IMPACTOS AMBIENTAIS**

**23 de novembro de 2007**

##### **COORDENADOR:**

Márcio Macedo Costa  
*Chefe do Departamento de Meio Ambiente, BNDES*

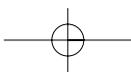
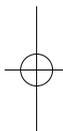
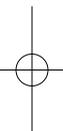
##### **EXPOSITORES:**

Wadih João Scandar Neto  
*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

Sérgio Barbosa de Almeida  
*Chefe do Departamento de Meio Ambiente, Eletrobrás*

José Eli da Veiga  
*USP*

Gilberto Brasil  
*Ministério do Meio Ambiente*



MÁRCIO MACEDO COSTA. (*ver power point à p. 201*) Serei o coordenador da mesa no nosso seminário de hoje e farei, também, uma exposição que me foi solicitada. Teremos, ainda, o professor Wadih, do IBGE, que abordará a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento sustentável, e Sérgio Almeida, que apresentará os desafios ambientais para o aproveitamento do potencial hidroelétrico brasileiro.

O Departamento de Meio Ambiente do Banco trabalha duas grandes frentes: procedimentos e critérios socioambientais, e também a promoção de atividades ambientais na parte de fomento, que tem muita importância nos últimos tempos. Vou falar sobre dois grandes eixos: o primeiro se relaciona à base termodinâmica da economia. Quando falamos em questões ambientais é sempre interessante lembrar essa natureza que, muitas vezes, a própria ciência econômica esquece. O outro eixo é o meio ambiente como indutor do desenvolvimento. Os palestrantes seguintes vão ter condições de pontuar políticas, mas, aqui, se trata de fazer uma reversão de uma tese tradicional nos meios políticos, na sociedade, na mídia, de que o meio ambiente é um obstáculo ao desenvolvimento. O meio ambiente é considerado um freio, uma restrição, algo a ser ultrapassado, algo sobre o qual você tem de triunfar para promover o desenvolvimento. Na verdade, vivemos hoje uma situação paradoxal. Nunca se falou tanto de questão ambiental. Em termos de discursos corporativos, governamentais, nunca se citou tanto o meio ambiente – hoje, todo mundo é ambientalista. E ao mesmo tempo, temos um ar de pessimismo, oriundo da crise ecológica que agora se manifesta com mais força, pelo menos “midiaticamente”. É claro que os eventos em 2007 ligados a mudanças climáticas, especificamente, trouxeram a questão ambiental com mais força. E a questão de mudanças climáticas tem um ar de pessimismo pelo grau de incerteza do que virá.

Quando se fala na base termodinâmica da economia, a primeira abordagem é de uma crítica da economia neoclássica, que é inspirada no modelo físico. É quase uma crítica sobre sua incapacidade de tecer elaborações históricas e a base natural sobre a qual ela se sustenta. Então, na essência da teoria econômica, principalmente a neoclássica, não há referências a limites naturais, ou seja, não há referência à reversibilidade. Sempre é colocada a questão ambiental numa perspectiva de poder ser resolvida por meio de uma internacionalização dos custos ambientais, ou seja, o sistema de preços seria o modo pelo qual a sociedade responderia ao problema de escassez dos recursos naturais e do acúmulo de poluentes. É claro que essa abordagem tenta se incorporar à questão ambiental,

inclusive no aparato microeconômico neoclássico. E tem também uma outra vertente, mais termodinâmica, da economia ecológica. Assim podemos considerar duas linhas diferentes da incorporação da teoria econômica para esses assuntos ambientais.

A primeira noção importante é que as atividades econômicas se baseiam na segunda lei da termodinâmica. Aí, temos de nos lembrar das nossas aulas de física. A primeira lei da termodinâmica é a lei da conservação da energia. Só que a segunda lei da termodinâmica diz que a energia se conserva mas se degrada no seu uso, ou seja, quando você usa um montante de carvão há uma irreversibilidade envolvida. Em outras palavras, há uma perda da qualidade de energia associada àquela atividade. Essa é uma lei natural que, transposta para a atividade econômica, vai inspirar vários autores na economia. A perspectiva que Georgescu trouxe consistia no seguinte: as atividades econômicas estão baseadas ou submetidas à lei da entropia. O que é entropia? Para o leigo, sem cair no rigor da análise da termodinâmica, é uma medida da perda de energia disponível. Em 1945, Schrödinger, um cientista famoso, escreveu um livro chamado *What is life?* [O que é a vida?] e a frase mais famosa do livro era “a vida se alimenta de baixa entropia”. Então, a mesma coisa que estamos falando de sistemas econômicos se refere a sistemas vivos, ecossistemas, sistemas naturais. E o que ele quer dizer com isso? Nós, como sistemas econômicos, seres vivos, ecossistemas, pegamos energia e matérias de baixa entropia, ou de alta qualidade, utilizamos essas energias e materiais para nossa manutenção e crescimento e jogamos para fora energia e materiais de alta entropia, ou seja, desorganizadas. Não é isso o que acontece nas nossas vidas? Temos de emitir calor de baixa temperatura, jogar algumas coisas para fora etc. Agora, imaginem se tudo o que entrasse nos nossos apartamentos ou casas não saísse de lá? Poderia ter um aporte permanente de energia, alimentos, o que fosse, que a vida naquele sistema estaria condenada, porque não jogaria as energias e materiais de alta entropia para fora. As sociedades humanas têm de reduzir a sua taxa de dissipação entrópica.

Mas vou ficar com o Ilya Prigogine, um cientista vencedor do prêmio Nobel de 1977, ganho com a teoria das estruturas dissipativas. O que é essa “estrutura dissipativa”? Ele fala dos sistemas abertos que estão fora ou longe do equilíbrio – que é exatamente o caso dos seres vivos e dos sistemas econômicos. O que ele dizia era o seguinte: os sistemas longe do equilíbrio conseguem se manter longe do equilíbrio porque pegam energias imateriais de baixa entropia e jogam a alta entropia para fora. Significa dizer que haveria, dentro de um sistema, uma

produção interna de entropia, de desorganização, de desordem, e que esse sistema só conseguiria se manter porque haveria uma troca externa. Então, vem um material, uma energia externa que compensa – ou mais do que compensa – aquela produção de energia interna. Muitos ambientalistas não gostam da extensão da abordagem do Prigogine porque acham que isso poderia significar uma tendência a você poder ter uma manutenção permanente de qualquer tipo de dissipação. Mas essa é uma realidade do nosso mundo. Os sistemas se mantêm longe do equilíbrio porque, em alguma outra parte, se está jogando alta entropia, e o sistema como um todo, maior, não está escapando da segunda lei da termodinâmica – ou seja, a entropia está crescendo. Daí, há vários exemplos básicos de que se pode falar, como a relação dos países centrais e dos países periféricos. Se se fizer um balanço do fluxo de energias e materiais entre países centrais e periféricos, pode-se observar esse mesmo tipo de relação: energias e materiais de baixa entropia absorvidas por esse centro da economia mundial ficam sobrando para um outro canto, para uma região periférica. A mesma coisa se pode dizer da cidade em relação à periferia. Para mantermos nosso arcabouço urbano, precisamos da periferia para jogar o lixo fora, para a manutenção dessa vida longe do equilíbrio. Então, não posso deixar de fazer um paralelo com a abordagem do professor Celso Furtado – porque uma das grandes contribuições de Celso Furtado, de forma bem sintética, é que o subdesenvolvimento não é etapa natural da evolução dos países para o desenvolvimento. Há uma complementaridade, ou seja, há desenvolvimento também porque há subdesenvolvimento. Portanto, não posso deixar de fazer uma analogia entre o aspecto apontado por Prigogine com relação às estruturas dissipativas e esse aspecto levantado por Celso Furtado.

As implicações que temos para os países são evidentes. É evidente a intenção de nações centrais em manter o fluxo de energias imateriais. Se formos ver a história dos países, talvez o desenvolvimento tenha essa base material muito forte sustentada pelo aporte de recursos, energias e materiais. É para as nações periféricas ou semiperiféricas que surge a pergunta. E passo para o segundo eixo da minha fala, que é exatamente em relação ao meio ambiente como indutor do desenvolvimento, pegando a questão brasileira mais diretamente. No caminho para o desenvolvimento, qual é a trajetória que deve ser seguida pelos países em desenvolvimento, periféricos, ou semiperiféricos? Será que é a mesma trajetória seguida pelos estados industrializados? Será que por meio da nossa *expertise* em exportação de *commodity* vamos entrar no “clube”?

Só para ilustrar esse tipo de abordagem – a trajetória do desenvolvimento –, gostaria de mostrar o que relaciona a intensidade energética (*slide 1*). O que é intensidade energética? Seria o gasto de energia para a geração de uma unidade de PIB, ou seja, uma unidade de energia – que, aqui, considero tonelada equivalente de petróleo – por mil dólares. E aqui, no eixo, o PIB *per capita*, imaginando que essa seja a tendência temporal. No decorrer do tempo, a perspectiva é de crescimento, de aumento da renda. Reparem o PIB *per capita* e a intensidade energética, e dá para ver muito claramente o bloco mundial, representando países como Índia, Brasil, México, China, África, na faixa entre os 3 mil e 10 mil dólares *per capita* em paridade com o poder de compra. E nações como Estados Unidos, com seu valor mais alto, Alemanha, Japão e, fiz questão de deixar, Coreia do Sul e Espanha, de desenvolvimento mais recente. Então, a grande questão brasileira é: qual será a nossa rota de desenvolvimento? Eu estou fazendo apenas uma leitura de intensidade energética. Mas o Brasil e os países em desenvolvimento seguirão essa trajetória de crescimento nos primeiros estágios da sua intensidade energética? Ou seja, gastarão muita energia para produzir um dólar? Poderemos ter um crescimento em que essa trajetória seja feita de modo diferente?

Se formos ver os Estados Unidos, Alemanha e Japão, a trajetória é bem acentuada. Será que podemos estabelecer alguma coisa diferente? Esta é, a meu ver, a questão ambiental séria que devemos nos colocar para a questão do desenvolvimento brasileiro. O discurso ambiental sempre ficou em posições entre a perspectiva extrema e liberal – que diz que isso não é uma questão ambiental e, sim, uma questão de internacionalização de custos –, e uma visão clássica do desenvolvimento, que diz que “não tem jeito”, que o Brasil e esses países devem passar por esses estágios de acumulação. Então, essa conversa de desenvolvimento em questões ambientais estaria fora de tom, porque estamos na fase de acumulação. Sendo assim, não seria adequado falar das questões ambientais, discussão que cabe aos países já avançados, que já trilharam todo esse caminho. E tem ainda um outro ponto, que é a visão preservacionista extrema, em que não se considera a possibilidade de se ter um crescimento e se advoga o crescimento zero – e isso é impensável para um país como o Brasil e para outras nações ainda em desenvolvimento.

Nessas questões, temos muitos problemas políticos, problemas de entendimento que acabam atrapalhando a visão completa. É como uma grande agitação que levanta poeira e esta cai nos olhos, não nos deixando ver

corretamente. Uma dessas visões é de que o problema do desenvolvimento nacional está ligado ao meio ambiente. É o licenciamento ambiental que está prejudicando! Não somos desenvolvidos porque o licenciamento ambiental está atrasando as obras! Essa é uma visão ideológica, com origem nas dificuldades que temos em nossos órgãos ambientais, em nossos projetos e na nossa capacidade de avaliação ambiental estratégica, mas dizer que esse é o motivo da dificuldade de desenvolvimento me parece errado. Outra coisa complicada é que o discurso ambientalista – seja ele qual for – é oriundo de uma fonte externa relacionada à chamada “máfia verde”, ou ligado ao interesse de países desenvolvidos em não deixar o Brasil e outras nações se desenvolverem. Então, surge esse discurso “ambiental” para impedir que nós nos desenvolvamos. Esse é outro “cisco nos olhos” que, a meu ver, também está incorreto. Outros virão com a visão pessimista de que nós estamos condenados a um desenvolvimento econômico predatório porque não seríamos capazes de enfrentar o meio ambiente.

Minha visão é de mudança de perspectiva. É voltar-se para as oportunidades advindas da riqueza ambiental do Brasil no sentido da nossa disponibilidade de água, sol, recursos, terra, experiência de outros países. Há uma série de experiências de outras nações que podem ser aproveitadas pelo Brasil, e tudo isso no sentido (e é essa a perspectiva que advogo aqui) de um diferencial brasileiro. Que a questão ambiental permeie as estratégias de desenvolvimento brasileiro sem deixar de considerar, é claro, os conflitos existentes – estes, em alguns casos, são insuperáveis, não deixarão de existir, uma vez que a questão ambiental é basicamente de benesses e prejuízos no âmbito econômico. Não estou dizendo que dessa forma conseguiríamos chegar a um Éden ambiental sem conflitos, mas apenas que essa é uma visão que pode significar um amálgama interessante para as políticas de desenvolvimento. E estamos pensando em longo prazo. Por que faríamos isso? Porque há oportunidades econômicas muito interessantes advindas de questões ambientais vistas de modo amplo; e a perspectiva de mudança dos preços relativos de produtos que tenham conteúdo ambiental mais pronunciado é uma tendência na qual a gente pode apostar com certo grau de segurança.

Agora vamos imaginar que o Brasil se torne um país com grau de investimento e que os recursos que entram paguem os projetos e serviços que tenham o componente ambiental mais pronunciado. Eu faria essa aposta. Uma outra razão pela qual apostaríamos nesse amálgama ambiental de políticas de

desenvolvimento é que isso está relacionado à qualidade de vida da população e o nosso desenvolvimento está relacionado ao saneamento, a problemas de saúde pública e ao meio urbano. Isso pode ter um impacto interessante na qualidade e no tipo de desenvolvimento que estamos buscando. Estamos falando de meio ambiente como indutor do desenvolvimento, e, de modo amplo, como promotor de um tipo novo de desenvolvimento. O Brasil é, para o mundo, um universo vinculado à riqueza florestal, mas, principalmente, é futebol, música, samba, pessoas bonitas. Quanto ao aspecto ambiental, há um olhar paradoxal, de um lado se reconhece a exuberância e de outro há a preocupação. Então, a meu ver, essa aposta de um país que bifurcou nas suas escolhas e traçou outra trajetória é algo que pode virar uma marca brasileira.

Como o meio ambiente poderia ser um indutor da atividade ambiental? Há basicamente nove itens, ou fatores, que mexem com a ideia de estratégia ambiental para uma política de desenvolvimento. E o primeiro fator, sem dúvida, é a energia renovável. Ali eu coloquei biodiversidade e biotecnologia. (*slide 4*). Isso é o item relacionado à nossa capacidade em indústria farmacêutica, cosmética, de turismo, até industrial – enfim, uma série de oportunidades ligadas a esse item. A parte de energias renováveis talvez seja a grande marca. Só para se ter uma ideia da oferta de energia: em biomassa temos lenha, carvão vegetal, cana de açúcar, energia solar, eólica e geotérmica. Em 1973, no Brasil, 45% da nossa oferta interna de energia global vinham dessas renováveis, excluindo energia hidráulica e eletricidade. E em 2006, a oferta era de cerca de 30%. Caiu. Petróleo e derivados caíram um pouco também. Gás natural e energia elétrica aumentaram, o carvão e o urânio aumentaram um pouquinho. Dobrou a parte de energias renováveis. Realmente, é um marco. E no mundo se manteve mais ou menos igual. É só para verificar qual é essa característica, de onde sai essa diferença. Temos, assim, uma grande agenda de trabalho. No caso da hidroeletricidade, o grande desafio é o crescimento da geração hidroelétrica. E na biomassa não renovável, que é uma riqueza nossa, temos muitos perigos associados.

Vejamos a siderurgia de carvão vegetal no Brasil. É uma oportunidade única. Coisa extraordinária em termos potenciais, e que acaba se tornando, historicamente, uma tragédia de eliminação da cobertura florestal – não estou dizendo isso como condenação. No Pará, o BNDES está tentando resolver o problema de Carajás, que é sério. A mesma coisa com o etanol, que tem grandes oportunidades e ao mesmo tempo alguns riscos envolvidos. Mas oportunidades

tecnológicas de gaseificação da biomassa, a hidrólise para produção de etanol por biomassa também são muito importantes para o Brasil. O importante seria associar a esse movimento de expansão do etanol a recuperação florestal, principalmente de áreas de preservação permanente, de reserva legal, e de áreas de preservação permanente próximas à beira dos rios, que têm impacto direto sobre recursos hídricos.

Impressiona o nosso grau de não captação do potencial de eficiência energética que temos, desde o solar térmico, para substituição de chuveiros elétricos e até motores industriais; o setor público tem um desperdício enorme de energia etc. Sabemos das dificuldades imensas que existem para convencer bancos e o resto do setor financeiro a se agregarem a essa proposta e até a divulgá-la melhor, aumentar o número de projetos de eficiência no Brasil. Outra linha seria, de modo geral, a ecoeficiência. Isso bate de volta com a nossa questão de aproveitamento daquela entropia alta e com o fato de que ainda se pode retirar alguma coisa dela. Resíduos industriais são lixo, mas ainda há possibilidade de esses materiais serem aproveitados energeticamente. E aí, falamos de desenvolvimento regional sustentável ligado exatamente a empreendimentos nos quais é interessante ter unidades mais eficientes, mesmo com um investimento às vezes mais caro, porque isso permite a colocação de uma maior atividade econômica.

Então, não é uma questão apenas ambiental, é uma questão econômica também. Outro dia, tivemos aqui no Banco um *workshop* sobre o COMPERJ [Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro], que vai ser instalado em Itaboraí e não em Itaguaí. O motivo logístico é um só: Itaboraí não suportaria a expansão prevista do COMPERJ. A bacia aérea não comporta porque lá já existe a COSIGUA, a CSA, a CSN, Santa Cruz etc. Uma coisa é uma localidade ter uma logística melhor que a outra; outra coisa é poder ou não instalar ali.

A questão ambiental não é apenas um problema de tecnologia, nem de inovação, nem só de financiamento. Em termos de tecnologia e financiamento temos um longo caminho a seguir para a implementação de atividades econômicas de melhor desempenho ambiental. Mas também temos de cuidar de nossa capacidade organizacional de gestão. O Brasil perde oportunidades de baixo custo e melhor desempenho que não demandam grande inovação tecnológica, e perdemos não porque seja caro, mas por uma questão organizacional de gestão. Às vezes, nem aplicamos a legislação já existente e que poderia nos ajudar. Que geração lançará esse dardo, essa flecha para o futuro? É

muito fácil a gente pensar na maximização individual da própria geração, mas deve haver alguém que lance esse dardo. E quem vai lançar é a nossa geração. Nós é que temos de fazer o lançamento de uma outra trajetória de desenvolvimento em que aspectos ambientais sejam um dos pilares da política. Então, para finalizar, gostaria de lembrar que esses aspectos ambientais podem ser um criador de um novo tipo de desenvolvimento para o Brasil.

WADIH JOÃO SCANDAR NETO. (*ver power point à p. 203*) Vamos tentar falar um pouco sobre essa questão dos indicadores a partir do conceito de desenvolvimento sustentável. Vamos tratar, também, das ferramentas que estão sendo usadas para medir isso, principalmente na nossa região, a América Latina. Desde a década de 1950 até hoje, desenvolvimento ainda se confunde muito com crescimento e a principal maneira de se medir isso é o PIB, seja de forma absoluta ou *per capita*. No final dos anos 1960 e início da década de 1970, o conceito de que desenvolvimento se confunde com crescimento passou a ser mais fortemente questionado e começou a se consolidar a ideia de justiça aliada ao crescimento econômico. Isso surgiu nos principais institutos de estatística do mundo, inclusive no Brasil, e ficou conhecido como movimento dos indicadores sociais. No IBGE, a principal pesquisa que funda o seu sistema em indicadores sociais surgiu em 1967, ano da primeira edição da PNAD. Na década de 1980, e mais fortemente em 1992, o substantivo desenvolvimento ganhou, quase que definitivamente, um adjetivo, ou uma qualificação: *sustentável*. E passou a se colocar o problema de que a sustentação dos recursos naturais é finita, e que o meio ambiente também é componente fundamental e importante a ser levada em consideração para se avaliar o estágio de desenvolvimento de um território, de um país, de um local.

Como estão sendo medidas essas questões ambientais aqui no Brasil, na América Latina, e um pouco no mundo? Estatísticas ambientais, indicadores ambientais, ou seja, de desenvolvimento sustentável, e contas econômicas ambientais, essas seriam as três grandes tarefas apresentadas nos estudos de estatística ou de geografia, como no nosso caso, para se poder de alguma forma mensurar essa nova questão que se coloca ao desenvolvimento.

Aqui temos um pequeno “inventário” – longe de ser exaustivo, é centrado, fundamentalmente, em algumas grandes organizações, grandes agências multilaterais ou até nas próprias Nações Unidas – de quais seriam as recomendações ou os aportes metodológicos no sentido de medir essas coisas. Na América Latina, temos a liderança clara de duas agências da ONU: o PNUMA,

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, e a CEPAL, Comissão Econômica para América Latina e Caribe. Essas duas organizações da ONU às vezes disputam a hegemonia (de recursos, obviamente), outras vezes cooperam entre si na tentativa de levar os países da região a fazerem a mensuração das questões ambientais.

As estatísticas da ONU estão muito fundadas em desenvolver as contas econômicas ambientais. Além disso, a organização também elabora o questionário mundial de estatísticas do meio ambiente e energia. Só quem já teve a oportunidade de conhecer e de tentar preencher esse questionário sabe como aquilo é uma loucura. É um nível de detalhamento impossível para a nossa realidade, para o nosso desenvolvimento e para o nosso sistema estatístico nacional ligado ao meio ambiente. Uma avaliação recente do penúltimo questionário revela que, na América Latina, 17% dos países preencheram 5% das informações requeridas. Isso não era diferente do resto do mundo, nem mesmo da Europa, onde, creio, 20% das informações requeridas foram preenchidas. Há também as Secretarias dos Acordos Multilaterais Ambientais que igualmente exigem uma grande quantidade de informação, seja em relação ao acordo de mudanças climáticas, que pede que seja feito todo um inventário da emissão de gases do efeito estufa, ou aos acordos da biodiversidade, ou da desertificação – todos criam uma série de demandas e requerimentos de informações estatísticas ambientais.

Em termos de indicadores propriamente ditos, temos em âmbito mundial a Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Uma das primeiras e principais ações desse organismo, logo depois da ECO 92, foi tentar unificar e fazer uma recomendação única do que seria um rol de indicadores para medir o fenômeno nos diversos países. Essa iniciativa ainda está de pé, mas perdeu um pouco de força com o advento da iniciativa dos Objetivos do Milênio. Ao que parece, todo o sistema ONU tem se esforçado para que os indicadores que medem as metas de desenvolvimento do Milênio sejam produzidos por todos os países. E há duas iniciativas – aí em azul – (*slide 5*) que são completamente diferentes porque partem não para terem sistemas indicadores, como são as metas do Milênio, e sim para tentar construir um índice sintético, um indicador único que possa comparar e ordenar países. Uma delas é o índice de sustentabilidade ambiental do Fórum Econômico Mundial de Davos, que conta com o suporte técnico de duas grandes universidades americanas: Iowa e Columbia. E o outro indicador que tem seu uso incentivado pelo WWF é a pegada ecológica – não vou

entrar em detalhes, mas esse indicador tem a característica de transformar o consumo humano, no qual está centralizado, e a biocapacidade de consumo na área que seria necessária para produzi-la, e assim chegar à capacidade do país em suprir essas necessidades.

Agora vou detalhar um pouco as iniciativas da América Latina. O GEO, *Global Environment Outlook*, apesar de ser uma iniciativa mundial, foi bem difundido aqui na região com um incentivo muito grande do PNUMA, que, na verdade, não é uma iniciativa de indicadores e, sim para fazer relatórios do estado do meio ambiente, mais calcados e apoiados em determinados indicadores. E ao estimular os governos dos países a fazerem isso, estimula, indiretamente, que se desenvolva a produção de estatísticas ambientais, ou seja, a compilação ou organização de um sistema de estatísticas ambientais para poder elaborar esses relatórios. Aliada a isso tem a ILAC – Iniciativa Latino-Americana e Caribenha de Desenvolvimento Sustentável, do Fórum de Ministros do Meio Ambiente, que acompanha a declaração de Johannesburgo, adotada na Cúpula Rio+10 –, cujo objetivo são as prioridades ambientais latino-americanas.

O PNUMA, junto com a Universidade da Costa Rica, coordenou um esforço internacional – do qual o Brasil participou, por meio do IBGE e do Ministério do Meio Ambiente – de construção de uma matriz de 38 indicadores para acompanhar e padronizar a aplicação dessa iniciativa em todos os países da América Latina. A CEPAL também tem feito esforços bastante consistentes. Um deles foi a constituição da rede de instituições especialistas em estatísticas sociais de meio ambiente. Curioso foi que eles juntaram os aspectos social e ambiental, talvez para cortar recursos; deviam ter dois projetos, mas só havia dinheiro para um. As reuniões são separadas: a turma dos indicadores sociais tem a sua dinâmica e a turma dos indicadores ambientais tem outra. Participei da construção dessa rede aqui, onde consegui, por meio de um processo de consulta aos países, dizer o que se tem condições de fazer e o que não se tem, o que seria para o futuro etc. Estabeleceu-se uma lista básica de indicadores de estatísticas ambientais, para, a partir daí, elaborar um questionário e levar os países a fazerem uma tentativa de montar uma base de dados comum – se essa base de dados não é imediatamente comparável, pelo menos reúne uma documentação que permite saber quais são as diferenças entre as estatísticas dos diversos países. A iniciativa foi mais ou menos uma resposta ao questionário das Nações Unidas que falei que não atendia à região. A base de dados, com uma

série de estatísticas ambientais dos países da região, está no site da CEPAL e pode ser consultada.

Por outro lado, em qualquer agência das Nações Unidas fala-se nos Objetivos do Milênio (ODM). Assim, o objetivo sétimo é garantir a sustentabilidade ambiental; mas como os indicadores são muito mal definidos, a CEPAL criou um projeto para melhorá-los na região, e também para fortalecer a capacidade de os países produzirem esses indicadores por meio de cursos e contratação de textos e manuais sobre a estatística ambiental. Na CEPAL também há um projeto de avaliação da sustentabilidade da América Latina e do Caribe; é o projeto ESALC [Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe], que também desenvolveu uma base de dados, menos discutida, a partir dos próprios manuais e anuários estatísticos da CEPAL. E desenvolveu, principalmente, um marco conceitual para pensar o problema próprio. Isso é muito importante porque a Argentina, por exemplo, já adota o marco conceitual desenvolvido pela CEPAL no seu relatório de indicadores de desenvolvimento sustentável.

No slide seguinte (9) aparecem quatro ou cinco sistemas, como eles chamam: econômico, institucional, social e ambiental. Mas há também indicadores de relacionamento entre os sistemas, indicadores do sistema para fora, indicadores do desempenho geral do sistema; e basicamente se dividem os indicadores entre os de desenvolvimento e os de sustentabilidade. Então, seria um sistema de marco conceitual um pouco mais complexo do que o apreçoado pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que só tem quatro dimensões divididas em temas e subtemas. Isso que está aqui, ao lado, é uma tentativa ou uma proposta de fazer algo sintético com o uso das cores verde, amarelo e vermelho. Em cada dimensão, se todos os indicadores estão numa posição positiva é verde; se todos mostram uma determinação é vermelho; o amarelo indica que todo mundo está estagnado, e essas cores mistas são alguns países que estão indo para cima e outros para baixo. Seria uma forma sintética de comunicar a complexidade do marco conceitual dos indicadores.

Como isso rebateu nos países? (*slide 10*) Em termos de estatísticas ambientais, Chile, México, Peru, Cuba, Panamá, Belize, Dominica, Granada, Jamaica, Santa Lúcia, Suriname e República Dominicana já possuem, hoje, uma publicação. E os países à direita, no gráfico, estão em desenvolvimento. O Brasil consta como em desenvolvimento. Quanto às contas econômicas ambientais, apenas dois países atualmente insistem em publicá-las: o México e a Colômbia. Eu sei que a República Dominicana está sendo altamente apoiada pela Associação

Estatística da ONU para fazer a conta das águas, o “bom teste” de um manual lançado em 2006.

E agora um pouco das características das estatísticas ambientais da América Latina. Os países publicam e desenvolvem estatísticas ambientais com pouca articulação entre si. Há também uma grande dispersão institucional, tanto de produtores como de usuários (os Ministérios do Meio Ambiente, estudos nacionais de estatística, Bancos Centrais, ministérios setoriais). Há uma grande escassez de metadados, ou seja, a informação sobre a informação para a gente conhecer melhor como são produzidos e o que efetivamente querem dizer. Com isso, dificulta a comparação entre países que já têm em si uma heterogeneidade estrutural muito grande. Na América Latina, nós temos desde países minúsculos, insulares, até o Brasil, Argentina ou Chile, maiores. Há uma heterogeneidade metodológica, de periodicidade, e tudo isso a gente encontra quando vai comparar as estatísticas da região. Há insuficientes recursos destinados a instituições estatísticas em meio ambiente. Ninguém está preocupado em formar exatamente um plano geral do que fazer e o que investir para se ter uma cobertura adequada. Essa é uma característica presente até no país onde as estatísticas ambientais são mais desenvolvidas da região, o México. O fato de um modelo não ter conquistado, ainda que minimamente, alguma hegemonia ou algum consenso entre os países também atrapalha um pouco o próprio modelo de indicadores. Se ele existisse poderia se saber que estatísticas são necessárias e isso ajudaria a estruturar o sistema estatístico.

Outra constatação é que não existe investimento institucional – seja nas agências multinacionais, seja das agências nacionais – no desenvolvimento metodológico de indicadores sintéticos. Parece que há um certo tabu. Ainda se pensa que para produzir indicadores ambientais é necessário ficar restrito a indicadores como esses que mostrei aqui. Ainda há muito desconhecimento das experiências internacionais, principalmente aqui no Brasil. Mas o Ministério do Meio Ambiente teve recentemente a iniciativa de mandar equipes para vários encontros internacionais, o que mostra que está começando a se inteirar de outras experiências para montar um consenso mínimo do que fazer. E no caso brasileiro, eu digo que é urgente a construção de um plano nacional de estatísticas e controles ambientais que articulem essas diversas demandas entre os diversos produtores. Ninguém consegue fazer sozinho. Nem o IBGE nem o Ministério do Meio Ambiente, que são os principais interessados. A plataforma institucional para fazer essa articulação existe há muito tempo e chama-se

SINIMA, Sistema Nacional de Informações do Meio Ambiente, que está na Lei que criou o SINAMA, Sistema Nacional do Meio Ambiente. No ano passado fizemos grandes avanços no sentido de efetivamente tornar operacional o SINIMA. Era isso o que eu tinha para mostrar para vocês, Muito obrigado.

SÉRGIO BARBOSA DE ALMEIDA. (*ver power point à p. 209*) Resolvidas essas questões “simples” colocadas anteriormente, a nossa tarefa aqui pressupõe a questão do desenvolvimento e da sustentabilidade ambiental. Evidentemente, partimos do princípio de que, seja qual for a solução que venha a ser dada, haverá necessidade, no caso brasileiro, de ampliar a sua oferta de energia elétrica para a população. Daremos aqui alguns motivos para isso, o que não quer dizer que ao propormos aumento dessa oferta não estejamos sempre partindo do pressuposto de soluções para as questões que já foram colocadas. Ou seja, aparentemente, uma questão não tem nada a ver com a outra, mas na verdade tem tudo a ver. Na hora em que estabelecemos um nível de oferta de energia, implícita ou explicitamente já se decidiu por um modelo de desenvolvimento, de distribuição de riqueza, de apropriação da riqueza produzida e de apropriação dos recursos naturais: isso tudo já está implícito. Mas o que nós, com certa tranquilidade, podemos afirmar é que qualquer que seja a resposta, no caso da sociedade brasileira, haverá a necessidade de ampliar a oferta de energia.

Estruturaremos esta apresentação falando um pouco da matriz energética no Brasil e no mundo. Falaremos também da expansão da oferta de energia elétrica no Brasil, dos impactos ambientais da produção de energia elétrica a partir de diferentes fontes primárias, do ordenamento legal institucional para as questões ambientais para fazer essa oferta e, por fim, faremos algumas reflexões finais. Comparando a geração de energia elétrica com a energia no Brasil e no mundo (*slide 4*), energia em geral e não apenas elétrica, veremos que em nosso país há uma forte predominância da geração de energia elétrica a partir de fontes hídricas. E aqueles 76% ali não incluem as parcelas geradas em Itaipu, que elevariam ainda mais a produção de energia elétrica a partir de fontes hídricas. Esse não é o padrão do mundo. E não é por acaso que acontece isso no Brasil. A razão fundamental é que poucos países têm o potencial hidrelétrico disponível semelhante ao nosso. No gráfico podemos ver a energia hidráulica produzida no mundo: o Brasil utiliza um décimo dessa energia hidráulica produzida no mundo e é responsável pela produção de 11%. Os outros países importantes são Canadá, EUA, Noruega, China e Rússia.

Quanto ao consumo de energia elétrica no Brasil – só para termos uma ideia dos tipos de consumo e de participação regional –, a indústria corresponde a quase metade do consumo nacional de energia elétrica, as residências a 22%, o comércio a 14%, e os demais usos, a 17%. Do ponto de vista regional há uma participação expressiva predominante da região sudeste. Na matriz energética brasileira se vê a preponderância das fontes hidrelétricas, aparecendo novamente o 75,5%, ou 76%, ao qual gostaria de acrescentar os 50% de Itaipu. Então, com importação mais produção interna de energia hidrelétrica nós chegaríamos a um valor atualmente de 84%. Daí, há um exercício interessante que indica como ainda somos consumidores *per capita* relativamente pequenos em relação às regiões desenvolvidas do mundo. O que está aí indicado é que um cidadão norte-americano consome em energia elétrica o equivalente a oito cidadãos brasileiros e a dois europeus. Padrões de consumo de áreas desenvolvidas como EUA, Europa, Oriente Médio também, por conta da facilidade do petróleo, mostram que nós ainda consumimos pouca energia, relativamente.

A discussão que travamos aqui anteriormente mostrou que essa é uma questão essencial que tem de ser levada em conta. Que padrão ou modelo de sociedade de consumo queremos de modo a compatibilizar a produção de energia com os recursos disponíveis na Terra? Se nós não queremos chegar àquele bonequinho vermelho (*slide 8*), certamente temos necessidade de produzir redes de esgoto, habitação, hospitais, estradas, infraestrutura para a população brasileira, cujo nível médio de consumo é muito baixo, o que certamente demandará o aumento da oferta de energia elétrica. A projeção que se faz para um período de 2006 a 2015 – e este é um dado oficial – é de aumento da demanda, assumindo um crescimento de PIB na ordem de 4,2%. Naturalmente, isso é um cenário. Se o cenário for outro, teremos uma pequena redução, mas nós podemos ver que nesses dez anos há um acréscimo da capacidade instalada de 41 mil MW (*slide 9*). Este valor pode cair para 35 mil MW ou aumentar para 45 mil MW, mas ainda assim é muito alto. São 3.500 MW a 4.500 MW por ano. Quer dizer: não vai variar muito em torno desse número, que é um valor extremamente elevado. E os investimentos que estão assinalados ali em baixo são da ordem de 56 bilhões de dólares em dez anos. Isso mostra que temos de ampliar essa oferta de energia.

E para isso, temos diversas fontes que poderíamos utilizar para ampliarmos essas fontes de energia elétrica. O gráfico “Indicadores: competitividade das fontes de geração de eletricidade” traz uma faixa intermediária entre 60 e 120 –

é a faixa de custos de geração de energia elétrica a partir de fontes hidráulicas, que dizer, o custo de geração de energia elétrica não é um valor fixo, depende da localidade. A fonte hidráulica não acontece próxima ao centro de consumo, diferentemente, por exemplo, da fonte térmica; o potencial da hidrelétrica encontra-se na natureza. Então, essa energia tem de ser transportada, o que faz com que os aproveitamentos que eram mais baratos já tenham sido aproveitados. Há uma tendência de crescimento do custo da geração de energia elétrica MW/hora gerado a partir de fontes hidráulicas. E naquelas vias verticais do gráfico eu procuro apontar as faixas de custos de geração a partir de outras fontes primárias, como gás natural, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa de resíduos urbanos, carvão nacional, eólica – que está com um custo ainda elevado, acima da faixa de variação de custos das usinas hidráulicas – e a nuclear. O que estamos tentando mostrar é que temos de aproveitar todas as alternativas disponíveis. Não é razoável que a gente abra mão desse conjunto de recursos, dos quais dispomos em condições naturais ou por conta do nosso processo civilizatório. Como é o caso do aproveitamento da biomassa, e principalmente de resíduos urbanos. Temos de combinar esses conjuntos de recursos naturais para energia elétrica. Mas há uma forte indicação de que a hidreletricidade é uma forma extremamente importante a ser considerada na expansão da oferta de energia elétrica no Brasil.

O slide “Potencialidade do setor – potencial hidrelétrico nacional” mostra o potencial hidrelétrico brasileiro, que é da ordem de 246 GW, dos quais são aproveitados 30%. Assim, restariam 40%, já com um estudo bastante preciso, que é o inventariado, e 30% estimados – no caso da energia elétrica, a palavra estimado indica um nível de conhecimento não tão rigoroso como o inventariado, mas é um nível de conhecimento não tão distante quanto uma estimativa. E verificamos ali que, de todo o potencial aproveitado, representado pelas barras verticais, a Amazônia utilizou 10,4%; a região centro-oeste, 9,7%; e assim sucessivamente, ou seja, grande parte do potencial ainda a ser explorado encontra-se na região da Amazônia. Isso é um desafio que temos diante de nós, qual seja, o aproveitamento de um potencial grande do ponto de vista físico, numa região que tem problemas e uma sensibilidade ambiental bastante importante, como veremos a seguir.

O próximo slide (12) mostra a constituição do Sistema Interligado Brasileiro de Energia Elétrica. É um sistema que tem uma similaridade com outros do mundo. A extensão do território brasileiro faz com que a gente tenha regimes de chuvas diferentes em várias partes do país, ou seja, no momento em que uma região pode estar na cheias, com chuvas fortes e águas abundantes, a outra pode

estar com águas escassas, em regime de estiagem. Essa interligação dos sistemas permite transportar e exportar energia de uma região para outra e importar no período diverso, aumentando o ganho sinérgico à produção das usinas. Ali em cima se encontra, em vermelho, apontado, o prolongamento do sistema interligado brasileiro que vai de Tucuruí, Macapá, Manaus, no norte, até Cuiabá, Rio Branco, aqui em baixo.

No próximo conjunto de slides vamos dar rapidamente uma ideia de que, qualquer que seja o tipo de aproveitamento ou fonte primária da geração de energia elétrica, sempre temos um tipo de impacto. Aqui listamos um conjunto de impactos associados à produção de energia elétrica em usinas termelétricas, inclusive na queima de óleo, carvão etc. Não é possível gerar energia elétrica sem impacto ambiental. As usinas nucleares, que aparentemente têm menos impacto, apresentam a produção de rejeitos sólidos radioativos e outros, que são impactos que produzem a maior discussão em âmbito mundial sobre a confiabilidade e a aceitação ou não da produção de energia elétrica a partir de forças nucleares. No mais, as usinas nucleares têm grandes vantagens sobre as demais. A área que ocupa é pequena, a capacidade de produção é elevada, e possuem jazidas de combustível de urânio em quantidades importantes – quer dizer, não haveria necessidade de importar como é o caso do petróleo, mas existe a questão da produção de rejeitos sólidos que produz mal estar em toda a sociedade. É uma questão que ainda não está equacionada de forma satisfatória.

O slide seguinte (15) mostra o caso das hidrelétricas quanto a esse conjunto de impactos, tais como no meio físico, no meio biótico, em áreas legalmente protegidas e entre as populações indígenas, pois remanejam população, ou seja, são investimentos que produzem uma grande alteração na ocupação territorial. As usinas eólicas também têm os seus impactos sobre a fauna alada, ou produzindo ruídos e sombreamento; da mesma forma, a fonte solar produz impactos. Isso é para que, sem abrir mão de nenhuma dessas fontes, não percamos a noção de que todas elas produzem algum tipo de impacto. O que fazemos é negociar o que aceitamos e o que não aceitamos. Para a geração de energia elétrica, o Brasil já foi colocado como aquele que desenvolveu uma legislação ambiental relativamente avançada em comparação a outros países. Temos um processo de licenciamento ambiental, que é o instrumento que possibilita o desenvolvimento de projetos ambientalmente adequados – a palavra “adequado” mostra que há um pacto socialmente legalizado para coibir o que não se aceita como inadequado. E o rito que tem que ser seguido para qualquer investimento de produção de energia

elétrica impõe ao investidor uma licença prévia – na qual é feita a análise ambiental, estudos dos projetos e dos impactos ambientais etc. –, seguida da instalação, que é a ordem que permite efetivamente implementar o empreendimento, e, por fim, a concessão da licença de operação, que, como o próprio nome indica, autoriza o investidor a fazer a operação da sua usina.

O slide 19 tenta mostrar a conexão entre os horizontes de planejamento, que vai desde os planos de longo prazo até a operação da obra – isso, no caso das usinas hidroelétricas, pode demandar 15 a 20 anos ou mais –, abrangendo todo o conjunto de obras, com as diferentes fases de planejamento. Bem, aí associamos as diferentes fases de planejamento com as exigências ambientais, tais como as fases de inventário, de viabilidade, do projeto básico, instrução e operação. Há organismos diferentes que acompanham essas diversas fases e têm diferentes instrumentos a serem apresentados, tais como as licenças prévia, de instalação e de operação, todas associadas a cada uma das fases do empreendimento. Um pouco da história do setor de energia elétrica se confundia no passado com a da Eletrobrás, pois a Eletrobrás era a empresa de coordenação da expansão e da operação do setor de energia elétrica, e hoje não é mais. Atualmente, há outras empresas com essa atribuição, como o ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico, que faz a coordenação da operação, e a EPE, Empresa de Planejamento Energético, que coordena o planejamento da expansão. Mas desde 1987 a Eletrobrás se preocupava e se ocupava das questões ambientais, e elaborou o primeiro plano diretor de meio ambiente conjugado a um plano de longo prazo, o qual antevia até 2010; feito em 1987, tínhamos 23 anos para frente, ou seja, fizemos um planejamento com décadas de antecedência. No Brasil, o setor de planejamento de energia elétrica é feito com uma grande antecedência. O plano diretor de meio ambiente tinha como princípios básicos: a viabilidade ambiental; a compatibilidade interinstitucional, porque há atores com diferentes interesses na ocupação daquele território; a ideia de inserção regional, ou seja, de fazer com que o empreendimento produzisse não apenas energia elétrica, mas também pudesse contribuir para o desenvolvimento regional; e eficácia gerencial.

Já no segundo plano diretor, em 1991-93, mais de uma década depois, começou a se falar em viabilidade socioambiental e já se fazia menção explícita à tomada de decisão, a qual anteriormente era feita estritamente com base na relação custo-benefício, como custo de engenharia, e algumas coisas em torno de ações ambientais *versus* energia produzida; mas já nesse plano começamos a pensar na tomada de decisão não apenas pelo custo tangível, mas também pelo tipo de

empreendimento e pela utilização do potencial hidroelétrico de uma bacia – por exemplo, os impactos ambientais decorrentes de cada alternativa e o aproveitamento desse potencial hidroelétrico. Podemos ver aqui os princípios básicos: a viabilidade socioambiental, a inserção regional, a abertura do processo decisório. Talvez essa seja a grande diferença em relação ao modelo anterior, onde já se coloca a participação da sociedade no processo decisório, quer dizer, a organização da participação da sociedade. Nesse outro slide (25) temos a política ambiental do grupo Eletrobrás, que é um conjunto de princípios e valores integrados – e isso é recente. E agora temos os grandes marcos ambientais no Brasil e no exterior: os brasileiros estão em azul, os internacionais em verde e os setoriais em marrom. Temos a Constituição de 1988 em vermelho, em 1972 temos a Conferência de Estocolmo e o relatório do Clube de Roma – que impressionou fortemente o nosso patrono Celso Furtado –, no qual, por encomenda da FAO, três professores disseram que o mundo não aguentaria a reprodução dos padrões de consumo dos países desenvolvidos. Isto significa que haveria um esgotamento dos recursos naturais e que, portanto, era imperioso que se concebesse um outro modelo de desenvolvimento. O professor Celso Furtado ficou muito impressionado com isso e fez referência a essa informação em vários de seus trabalhos.

Esse slide é especialmente interessante porque mostra que aquele conjunto de conquistas, inclusive a legislação nacional e internacional, não ocorrem por acaso e nem por obra e força de cientistas, técnicos, burocratas. Ocorre porque há um conjunto de forças com interesses contraditórios pressionando os modelos de desenvolvimento, quer dizer, contribuindo para a modelagem do desenvolvimento em cada país, em cada região e no mundo. Assim como em termos internacionais, isso vale também em termos nacionais, pois temos uma política nacional de recursos hídricos, uma política nacional de meio ambiente, uma política de desenvolvimento sustentável de polos de comunidades tradicionais, políticas públicas no âmbito territorial. Dessa resultante de forças atuando sobre as diferentes propostas de modelo de desenvolvimento é que surge a legislação.

Finalizando os desafios, o suprimento de energia elétrica no Brasil ainda tem alguns desafios particulares: o primeiro é que 41% dos biomas do território brasileiro são da Amazônia, e 23% são do cerrado; ou seja, temos dois biomas que são particularmente interessantes, com uma biodiversidade que pode oferecer alternativas de aproveitamento, mas que representam uma parcela expressiva do território nacional. O mapa do slide 30 mostra as unidades de conservação na Amazônia, região amazônica e Centro-Oeste. Há um número

grande de unidades de conservação e terras indígenas com legislação particular. Então, o aproveitamento potencial nessa região tem de levar em conta a existência dessas áreas, isto é, a sociedade terá de negociar de que forma pretende ser atendida em matéria de energia elétrica. Esse mapa dá uma indicação do conjunto de problemas na região onde se concentra grande parte do potencial hidroelétrico brasileiro. Vejam a usina de Belo Monte e peço que examinem a alternativa A, em amarelo, e a alternativa 3, em azul. A alternativa A tinha uma potência prevista na década de 1980 de seis usinas, sendo uma no Xingu – a usina de Belo Monte se localiza no rio Xingu –, com potência instalada de 20 mil MW, produção média de 9.500 MW e inundação de uma área de reservatório total de 18 mil quilômetros quadrados. E a alternativa que está sendo hoje considerada, proposta pela ANEEL, é do aproveitamento apenas do potencial hidrelétrico da usina de Belo Monte, com uma potência instalada de 11 mil MW – portanto, a produção de energia em potência média cai para 4.700 MW, a metade. O conjunto de reservatórios que somava 18 mil quilômetros quadrados cai para 440 quilômetros quadrados. Então, isso é o cotejo que temos de fazer: de quanto abro mão em termos de inundação e de quanto perco em energia, e isso resulta num custo de energia mais alto para o aproveitamento de outras fontes. É esse “jogo” que temos de fazer permanentemente.

Outro desafio é a internalização de custos ambientais. Nós ainda temos uma dificuldade de avaliar adequadamente os custos ambientais. Alguns são fáceis, como os de indenização etc. Mas há outros que ainda são dificilmente quantificáveis. Por isso, temos de criar índices para fazer a tomada de decisão a partir de algo concreto, e não apenas na base da sensibilidade ou da intuição. Até porque as “intuições” dos setores com interesses conflitantes são muito diversas. E uma expressão dessa dificuldade é a diferença existente entre o orçamento ambiental inicial e o custo efetivamente despendido.

Para encerrar, eu diria que a expansão da oferta de energia elétrica no Brasil ainda deve seguir com predominância a hidreletricidade, apesar de todas as questões que têm de ser tratadas adequadamente. O aproveitamento do potencial hidráulico da Amazônia é fundamental para a expansão da oferta de energia em longo prazo, quer dizer, é lá que se encontra boa parte desse potencial hidrelétrico. As disposições da legislação ambiental, como mostrado no slide da usina de Belo Monte, interferem diretamente, repercutindo no custo da expansão, ou seja, no custo da energia que vamos pagar – dependendo das restrições ambientais maiores ou menores, temos custos menores ou maiores. Isso

é natural, não é uma crítica, é uma realidade com a qual teremos de lidar. O aproveitamento do potencial hidráulico certamente tem de ser feito de forma social e ambientalmente sustentável, quer dizer, em qualquer solução ambiental que seja dada não se poderá repetir o tipo de aproveitamento como se fez no passado, em que um conjunto de forças – que, do ponto de vista de poder, é heterogêneo – seja esmagado por ser a minoria, por ser mais fraco politicamente. Mas, certamente, as soluções sempre surgem desse embate. E por fim, também vimos que a articulação entre os responsáveis pelo desenvolvimento e controle de políticas públicas oferece uma oportunidade fantástica de racionalização de investimentos setoriais. Aquilo que era um problema grave pode se tornar uma excelente oportunidade de melhoria da vida naquela região.

JOSÉ ELI DA VEIGA.\* (*ver power point à p. 221*)

### **INDICADORES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Antes mesmo que a ideia de desenvolvimento humano começasse a ser assimilada, também ganhava força uma expressão concorrente: desenvolvimento sustentável (DS). Já a partir de 1992, um movimento internacional foi lançado pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável (CSD) das Nações Unidas com o objetivo de construir indicadores de sustentabilidade. Reunindo governos nacionais, instituições acadêmicas, ONGs, organizações do sistema das Nações Unidas e especialistas de todo o mundo, esse movimento pretende pôr em prática os capítulos 8 e 40 da “Agenda 21” firmada na Rio-92, referentes à necessidade de informações para a tomada de decisões.

Em 1996, a CSD publicou o documento “*Indicadores de desarrollo sostenible: marco y metodologías*”, que ficou conhecido como “Livro Azul”. Continha um conjunto de 143 indicadores, que foram quatro anos depois reduzidos a uma lista mais curta, com apenas 57, mas acompanhados de fichas metodológicas e diretrizes de utilização. Foram cruciais para que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) viesse a publicar – em 2002 e 2004 – os primeiros indicadores brasileiros de desenvolvimento sustentável.<sup>1</sup>

---

\* Texto enviado pelo palestrante. (N. E.)

1 IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Indicadores de desenvolvimento sustentável, Brasil* 2002. IBGE – Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. (Estudos & Pesquisas – Informação Geográfica, n. 2); e *Indicadores de desenvolvimento sustentável 2004 Brasil*. IBGE – Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

A importância desses dois pioneiros trabalhos do IBGE não deve ser subestimada pelo fato de a maioria de suas estatísticas e indicadores se referir mais ao tema do desenvolvimento do que ao tema da sustentabilidade. Foi a primeira vez que uma publicação dessa natureza incluiu explicitamente a dimensão ambiental ao lado da social, da econômica e da institucional. Não se deve esquecer que os temas ambientais são mais recentes e por isso não contam com uma larga tradição de produção de estatísticas. Mesmo assim, e apesar da imensa dificuldade de encontrar informações confiáveis sobre os principais objetivos de conservação do meio ambiente, foi possível apresentar 17 indicadores fundamentais, organizados em cinco temas essenciais: “Atmosfera”, “Terra”, “Oceanos, mares e áreas costeiras”, “Biodiversidade” e “Saneamento”.

### Índice de “ds”

Todavia, uma rápida consulta aos resultados desses dois primeiros esforços certamente provocará a seguinte indagação: poderá surgir daí um índice sintético de desenvolvimento sustentável? A resposta mais sensata parece ser negativa, porque índices compostos por várias dimensões (que, por sua vez, resultam de diversas variáveis) costumam ser contraproducentes, para não dizer enganosos ou traiçoeiros. Por outro lado, sem um bom termômetro de sustentabilidade, o mais provável é que todo mundo continue a usar apenas índices de desenvolvimento (quando não de crescimento), deixando de lado a dimensão ambiental.

Se o próprio desenvolvimento *tout court* não pode ser representado por um único número, o que dizer, então, sobre o desenvolvimento sustentável? Tanto como um piloto precisa estar permanentemente monitorando os diversos indicadores que compõem seu painel, qualquer observador do desenvolvimento sustentável será necessariamente obrigado a consultar dezenas de estatísticas, sem que seja possível amalgamá-las em um único índice. Talvez seja essa a razão que faz o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) não ter se lançado na construção de um índice de desenvolvimento sustentável equivalente ao IDH.<sup>2</sup>

Isto não impede, contudo, que se procure elaborar um índice de sustentabilidade ambiental, em vez de desenvolvimento sustentável, para que possa ser comparado com outros índices de desenvolvimento. Ou ainda, que se prefira representações gráficas multifacetadas, em vez de um número índice. A

---

<sup>2</sup> A página web do PNUMA é [www.unep.org](http://www.unep.org).

ideia foi apresentada em 2002 ao Fórum Econômico Mundial por um grupo de trabalho formado por pesquisadores de duas universidades americanas.<sup>3</sup>

Com 68 variáveis referentes a 20 indicadores essenciais, o índice de sustentabilidade ambiental elaborado por pesquisadores de Yale e Columbia pôde ser calculado para 142 países. Esse índice considera cinco dimensões: sistemas ambientais, estresses, vulnerabilidade humana, capacidade social e institucional, e responsabilidade global. O primeiro envolve quatro sistemas ambientais: ar, água, solo e ecossistemas. O segundo considera estresse algum tipo muito crítico de poluição, ou qualquer nível exorbitante de exploração de recurso natural. No terceiro, a situação nutricional e as doenças relacionadas ao ambiente são entendidas como vulnerabilidades humanas. A quarta dimensão se refere à existência de capacidade sócio-institucional para lidar com os problemas e desafios ambientais. E na quinta entram os esforços e esquemas de cooperação internacional representativos da responsabilidade global.

As premissas básicas que norteiam essas cinco dimensões foram bem explicitadas pelos pesquisadores. Em primeiro lugar, é necessário que os sistemas ambientais vitais sejam saudáveis e não entrem em deterioração. Também é essencial que os estresses antrópicos sejam baixos e não causem danos aos sistemas ambientais. Em terceiro, a alimentação e a saúde não devem ser comprometidas por distúrbios ambientais. Em quarto, é preciso que existam instituições, padrões sociais, habilidades, atitudes e redes que fomentem efetivas respostas aos desafios ambientais. E, em quinto, há que cooperar para o manejo dos problemas ambientais comuns a dois ou mais países, além de reduzir os “transbordamentos” de problemas ambientais de um país para outro.

Se a média aritmética tivesse sido usada na elaboração do ESI-2002, teria ido por água abaixo todo o esforço de encontrar em 142 países os valores para essas 68 variáveis. Nesse caso, países tão diferentes como Holanda e Laos atingiriam um índice de sustentabilidade muito próximo, quase idêntico. O que não faria, evidentemente, nenhum sentido.

---

<sup>3</sup> Daqui em diante chamado de ESI-2002: 2002 *Environmental Sustainability Index*. (Global Leaders of Tomorrow Environmental Task Force - World Economic Forum). In collaboration with: Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University; Center for International Earth Science Information Network, Columbia University. <http://www.ciesin.columbia.edu>

### Grupos

No entanto, em vez do simplismo da média aritmética, a opção dos criadores do ESI foi pelo método de análise estatística de *clusters*, que permite identificar os grupos de países com perfis semelhantes. E assim surgiram cinco tipos ou grupos, que são bem numerosos nos extremos: 47 de alta vulnerabilidade ambiental e 53 de moderada vulnerabilidade e média capacidade sócio-institucional de responder aos problemas ambientais. Entre esses dois extremos, surgiram três pequenos grupos que se diferenciam essencialmente pela ocorrência de estresses ou pela baixa capacidade sócio-institucional de resposta.

O grupo dos 47 mais vulneráveis é formado essencialmente por países do continente africano, mas também estão entre eles a Bolívia, a Guatemala, a Nicarágua e o Paraguai. É bem mais heterogêneo o grupo do outro extremo, formado por 53 países cuja situação poderia ser considerada “moderada”. Poder-se-ia dizer que a maioria desses países faz parte da chamada “semi-periferia”. Nele estão incluídos os seguintes “latino-americanos”: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Peru e Uruguai.

Um menor grupo, que poderia ser chamado de “razoável”, é formado por 11 países dos mais desenvolvidos: Austrália, Canadá, Estônia, Finlândia, Islândia, Irlanda, Israel, Nova Zelândia, Noruega, Suécia e Estados Unidos. Em seguida, surge um grupo de 11 nações que se mostram, por enquanto, incapazes de lidar com seus problemas ambientais. É formado essencialmente por países “petroleiros”, mas inclui também a Coreia do Norte. E as principais surpresas estão no pior grupo, que poderia ser chamado de “estressado”. São 18 países, em sua maioria muito bem desenvolvidos pela ótica do IDH: Áustria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, França, Alemanha, Hungria, Itália, Japão, Macedônia, Holanda, Polônia, Eslováquia, Eslovênia, Coreia do Sul, Espanha, Suíça e Reino Unido.

O mais interessante, contudo, é a comparação com os respectivos IDH. Ela permite identificar quais são os países de desenvolvimento mais insustentável, e também os de desenvolvimento mais sustentável.

Apesar de terem tido sucesso em estabelecer esses cinco grupos de países em função de seu grau de sustentabilidade ambiental, os autores do ESI-2002 advertem que ainda faltam dados estatísticos razoáveis sobre uma dúzia de fatores críticos: degradação dos solos, teor de chumbo no sangue, fragmentação

dos ecossistemas, segurança de reatores nucleares, proporção de materiais reciclados, perda de terras úmidas (*wetlands*), concentração/emissão de metais pesados, impactos da disposição de resíduos e lixos, efetividades das regulamentações ambientais, níveis de subsídios à conservação dos recursos naturais, concentração/emissão de poluentes orgânicos persistentes, e proporção de cardumes explorados de formas predatórias.

Diante do ESI-2002, chega a parecer irrisória a dimensão socioambiental incluída em alguns índices criados por organizações não-governamentais, ou por governos estaduais. No máximo três indicadores fazem parte dessa dimensão: a) instalações adequadas de esgotamento sanitário; b) destino adequado do lixo urbano; e c) tratamento do esgoto sanitário. Eles até poderiam ser representativos do componente “saneamento” que certamente faz parte da dimensão ambiental, mas não dizem nada sobre atmosfera, terra, biodiversidade, e oceanos, mares e áreas costeiras, os outros quatro componentes para os quais o IBGE já disponibilizou diversos indicadores em 2002 e 2004.

Para o componente “atmosfera”, o IBGE fornece dois: o consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio, e a concentração de poluentes no ar em áreas urbanas. Para o componente “terra”, fornece sete: uso de fertilizantes, uso de agrotóxicos, terras aráveis, queimadas e incêndios florestais, desflorestamento na Amazônia Legal, área remanescente de desflorestamento na Mata Atlântica e nas formações vegetais litorâneas. Para o componente “oceanos, mares e áreas costeiras”, também fornece dois: produção da pesca marítima e continental, e população residente em áreas costeiras. E para o componente “biodiversidade”, outros dois: espécies extintas e ameaçadas de extinção, e áreas protegidas.

### **Críticas**

Muita água ainda vai rolar por baixo das pontes antes que apareça um índice de sustentabilidade ambiental que possa produzir algum consenso internacional. Construir um índice quando se dispõe de razoável matéria prima (bases de dados) é uma tarefa bem mais fácil do que conseguir legitimá-lo. E a enxurrada de críticas já feitas ao ESI-2002 indica que não está próximo o dia em que um índice de sustentabilidade ambiental possa obter legitimidade comparável, por exemplo, à que o IDH hoje desfruta.

Dessas críticas, a mais sistemática foi elaborada pelos professores Raghbendra Jha, da Universidade Nacional da Austrália, e K. V. Bhanu Murthy, da

Universidade de Delhi.<sup>4</sup> Eles opõem ao ESI-2002 diversas considerações de ordem filosófica e empírica. A principal limitação apontada parece ser a falta de reflexão sobre as variáveis que estão correlacionadas, e principalmente as que mantêm relação de causa e efeito. Variáveis causais e variáveis de impacto não deveriam ser misturadas no mesmo índice, dizem Jha & Bhanu Murthy.

Além de fazerem uma crítica bem fundamentada do ESI-2002, esses dois professores, que trabalham em universidades da Austrália e da Índia, sugerem um outro índice, mais especificamente de degradação ambiental. Segundo esse *Environmental Degradation Index* (EDI), os Estados Unidos estão na 83ª posição, e não na 45ª, como indica o ESI-2002. E pior: nessa visão, o Brasil está na 103ª em vez de ocupar o 20º lugar.

Mesmo que ainda esteja longe o surgimento de uma medida mais consensual de sustentabilidade ambiental, é imprescindível entender que os índice e indicadores existentes já exercem papel fundamental nas relações de fiscalização e pressão que as entidades ambientalistas devem exercer sobre governos e organizações internacionais. Nos últimos anos houve pelo menos três acontecimentos mundiais em que expressivos contingentes de nações assumiram sérios compromissos nessa direção. Em 2002, quando se realizou em Joanesburgo a chamada Rio+10 (*World Summit on Sustainable Development*). Em 2004, quando se realizou em Kuala Lumpur, o encontro das Nações Unidas sobre a convenção da biodiversidade (*United Nations Convention on Biological Diversity*). Paralelamente, todos os 191 países membros da ONU assinaram as Metas do Milênio (*Millennium Development Goals*), que não apenas focalizam algumas das causas sociais que estão na base da degradação ambiental, como também metas específicas de sustentabilidade ambiental.

Pensando nesses compromissos internacionais, pode-se considerar a existência de vários índices de sustentabilidade ambiental como uma “oportunidade de ouro”. Segundo o dr. Claude Martin, diretor geral do World Wildlife Fund (*WWF International*), é a primeira vez que os cidadãos podem monitorar, controlar e cobrar seus líderes por sucessos, vacilações ou desastres usando medidas objetivas e quantificáveis sobre as várias dimensões da sustentabilidade ambiental.

---

<sup>4</sup> JHA, Raghendra & MURTHY, K.V. Bhanu. A critique of the Environmental Sustainability Index, *Australian National University Division of Economics*, Working Paper, 2003, <http://ssrn.com/abstract=380160>. Ver também An inverse global environmental Kuznets curve. *Journal of Comparative Economics*, 31 (2003) 352-368.

No quinto relatório mundial do WWF sobre o impacto da humanidade em seu finito planeta<sup>5</sup> foram adotados dois índices globais: o *Living Planet Index* (LPI), e o *Humanity's Ecological Footprint* (HEF). Enquanto o LPI é voltado para a avaliação do estado geral das condições naturais do planeta, o HEF avalia a intensidade do uso dos recursos naturais do planeta pela espécie humana. Entre 1970 e 2000 houve uma redução de 40% no LPI, pois a “pegada ecológica total” passou de 7,81 para 13,33 bilhões de hectares. Segundo o WWF, a capacidade biológica da Terra já foi excedida em 20%, situação que certamente só pode ocorrer por limitado período. Em 2001, o HEF chegou a ser 2,5 vezes maior do que em 1961. Mas havia, evidentemente, uma brutal diferença de comportamento entre países ricos e pobres. Nesse período, enquanto nos ricos a “pegada *per capita*” saltou de 3,8 hectares por habitante (ha/hab) para 6,6 ha/hab, nos pobres ela só aumentou de 1,4 ha/hab para 1,5 ha/hab. De resto, o relatório do WWF também permite estimar o déficit ecológico, pela comparação da “pegada” (*Total Ecological Footprint*) com a “biocapacidade” (*Total biocapacity*). Em 2001, o déficit ecológico global era de 0,4 ha/hab (2,2–1,8). Todavia, enquanto nos Estados Unidos esse déficit já havia atingido 4,7 ha/hab (9,5–4,9), no Brasil ainda se encontrava um significativo superávit, isto é, negativos 8,0 ha/hab (2,2–10,2).

### Fazer o bolo crescer

O debate científico internacional passou recentemente a ser pautado pela hipótese ultraotimista de que o crescimento econômico só prejudique o meio ambiente até um determinado patamar de riqueza aferida pela renda *per capita*. A partir dele, a tendência tenderia a se inverter, fazendo com que o crescimento passasse a melhorar a qualidade ambiental. Raciocínio idêntico à velha parábola sobre a necessidade de primeiro fazer o bolo crescer para depois distribuí-lo melhor.

Os precários dados estatísticos disponíveis no pós-Segunda Guerra Mundial, além de ser apenas sobre um punhado de casos, haviam levado os economistas a achar que pudesse existir uma lei que regeria a relação entre o crescimento do PIB e a desigualdade de renda. Piorava na arrancada, mas melhorava depois de ultrapassar certo patamar de riqueza. Para o desgosto dos que acham que o

5 WWF – *World Wildlife Fund. Living Planet Report 2004*. WWF International, Global Footprint Network, UNEP-WCMC (The Unep World Conservation Monitoring Center). Publicado pelo WWF – World Wildlife Fund for the Nature (antes World Wildlife Fund), Gland, Suíça, Outubro de 2004. Veja esse e outros trabalhos do WWF no site <http://www.wwf.org.br>

capitalismo é o fim da história, tal hipótese foi descartada quando estatísticas sobre um grande número de países revelaram que as relações entre crescimento e desigualdade foram das mais heterogêneas nos últimos cinquenta anos.

Idêntica conjectura sobre a relação entre crescimento e meio ambiente foi lançada na década de 1990. Alguns pesquisadores concluíram que as fases de desgraça e recuperação ambiental estariam separadas por um ponto de mutação que se situaria em torno de 8 mil dólares de renda *per capita*. Pelo menos foi o que mostrou a relação entre o comportamento da renda *per capita* e quatro tipos de indicadores de deterioração ambiental – poluição atmosférica urbana, oxigenação de bacias hidrográficas, e duas de suas contaminações (fecal e por metais pesados).

O destino dessa hipótese certamente será idêntico à do “crescimento do bolo”. Quando um grande número de países tiver indicadores confiáveis sobre um leque mais amplo de variáveis ecológicas, constatar-se-á que são tão diversos os estilos de crescimento e as circunstâncias em que ele ocorre, que deve ser rejeitada a ideia de tão linear relação entre qualidade ambiental e renda *per capita*. Aliás, já existem bons indicadores que revelam as tragédias ambientais de países riquíssimos. E ela já foi desmentida por experimento com variáveis ambientais globais. Todavia, até que a comunidade científica se convença do contrário, será a panglossiana proposição mencionada que continuará a pautar o debate. Centenas de sofisticadíssimos testes serão relatados até que ela possa cair em descrédito.

O crescimento econômico contínuo trará cada vez mais danos ao ambiente da Terra? Ou aumentos da renda e da riqueza jogam as sementes de uma melhora dos problemas ecológicos? É com esta alternativa formulada em duas perguntas que os principais adeptos da hipótese panglossiana introduzem sua argumentação. Se os métodos de produção fossem imutáveis, é óbvio que só seria possível responder afirmativamente à primeira pergunta. Todavia, há inúmeras evidências de que o processo de desenvolvimento leva a mudanças estruturais naquilo que as economias produzem. E muitas sociedades já demonstraram notável talento em introduzir tecnologias que conservam os recursos que lhe são escassos. Em princípio, os fatores que podem levar a mudanças na composição e nas técnicas da produção podem ser suficientemente fortes para que os efeitos ambientalmente adversos do aumento da atividade econômica sejam evitados ou superados. E se houver evidência empírica que confirme essa suposta tendência, será permitido concluir que a recuperação ecológica resultará do próprio crescimento.

Com o propósito de testar essa hipótese, seus adeptos investigam a relação entre a escala da atividade econômica e a qualidade ambiental, utilizando metodologia consolidada e os dados disponíveis mais confiáveis sobre qualidade do ar em grandes cidades e qualidade da água em suas bacias hidrográficas. Além das séries publicadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) – o sistema Global Environmental Monitoring System (GEMS) – para o período 1977-84, alguns conseguiram dados inéditos para o período 1985-88, junto à agência federal dos Estados Unidos para o meio ambiente (U.S. Environmental Protection Agency, EPA). Embora tais medidas estejam muito longe de constituir uma lista representativa das variáveis capazes de descrever a situação dos respectivos ecossistemas, tais economistas acreditam que a variedade dos tipos de poluentes considerados na investigação autoriza uma generalização para outros tipos de problemas ambientais. E essa crença certamente é compartilhada pela maioria de seus pares.

O dióxido de enxofre e a fumaça relacionam-se com o PIB *per capita* na forma de uma curva em “U” invertido. Na verdade, a poluição por dióxido de enxofre volta a subir quando são atingidos altos níveis de renda *per capita*, mas considera-se que o reduzido número de observações de casos em que atingiu 16 mil dólares impede que se tenha confiança na forma que a curva adquire nesse estágio. Para os particulados, constatou-se um monótono declínio da relação poluição/renda. Todavia, foram encontradas boas “curvas em U invertido” para praticamente todos os outros principais indicadores de poluição do ar e da água: BOD (demanda de oxigênio biológico), COD (demanda de oxigênio químico), nitratos, coliformes fecais, coliformes totais, chumbo, cádmio, arsênico, mercúrio e níquel. E os picos de renda *per capita* variaram entre 3 e 11 mil dólares, respectivamente para os coliformes totais e cádmio.

Ao fazer a síntese dos resultados obtidos, os pesquisadores afirmam que não encontraram evidência significativa de que a qualidade ambiental tenda a se deteriorar de maneira firme, constante, ou estável, com o crescimento econômico. Ao contrário, quase todos os indicadores apontaram para uma deterioração em fase inicial do crescimento, mas com subsequente fase de melhoria. Foram levados, então, a “suspeitar” que essa recuperação posterior esteja em parte ligada ao aumento da demanda (e da oferta) de proteção ambiental quando a renda nacional chega a níveis mais altos. Os pontos de mutação variam bastante segundo o poluente considerado, mas na maioria dos casos eles ocorrem antes que o país atinja 8 mil dólares (de 1985) de renda *per capita*.

Assim, rechaçando gritos alarmistas de grupos ambientalistas, tais economistas afirmam que o crescimento econômico não causa inevitável dano ao habitat natural. Segundo eles, isso só ocorre mesmo em países muito pobres. Todavia, seu meio ambiente será, ao contrário, beneficiado pelo crescimento econômico, assim que atingirem certos níveis críticos de renda *per capita*, próximos ao patamar de 8 mil dólares (de 1985).

Desde que essa contribuição empírica foi publicada, pululam confirmações pela utilização de outras variáveis, outros países, outros períodos. É preciso lembrar, contudo, que há um pressuposto nessa análise que só pode ser facilmente aceito pela comunidade dos economistas convencionais, pois são todos inveterados otimistas tecnológicos. Todos acreditam piamente que as inovações tecnológicas acabarão por superar qualquer impasse que venha a colocar em xeque a continuidade do crescimento econômico. E tal pressuposto é de que os indicadores de poluição usados sejam termômetros da qualidade ambiental. Basta lembrar de alguns outros fenômenos já bem conhecidos – como, por exemplo, a erosão da biodiversidade, as perdas de patrimônio genético, o aquecimento global, a deterioração da camada de ozônio, a chuva ácida, ou a escassez de água – para que se perceba o duvidoso valor científico da extrapolação. E ela ficaria ainda mais absurda se fosse evocado o inevitável aumento da entropia. Mas esta é uma ideia que só preocupa um pequeno grupo de economistas heterodoxos, que constituem o extremo oposto do debate científico, e que com imensa dificuldade estão conseguindo romper o isolamento que lhes foi imposto pelo *establishment* da ciência normal.

### **Uma tese inconveniente**

As pesquisas do extremo oposto exigirão ainda mais paciência. Desde 1971, foi lançado um alerta sobre o inexorável aumento da entropia. As atividades econômicas gradualmente transformam energia em formas de calor tão difusas que são inutilizáveis. A energia está sempre passando, de forma irreversível e irrevogável, da condição de disponível para não disponível. Quando utilizada, uma parte da energia de baixa entropia (livre) se torna de alta entropia (presa). Para poder manter seu próprio equilíbrio, a humanidade tira da natureza os elementos de baixa entropia que permitem compensar a alta entropia que ela causa. O crescimento econômico moderno exigiu a extração da baixa entropia contida no carvão e no petróleo. No futuro certamente voltará a explorar de maneira mais direta a energia solar. Nem por isso poderá contrariar o segundo princípio da

termodinâmica, o que um dia exigirá a superação do crescimento econômico. Em algum momento do futuro, a humanidade deverá apoiar a continuidade de seu desenvolvimento na retração, isto é, com o decréscimo do produto. O oposto do sucedido nos últimos 10 mil anos, desde o surgimento da agricultura.

É bom frisar que tão incômoda hipótese permanece simplesmente esquecida pela esmagadora maioria dos economistas. Até referências aos seus adeptos passaram a ser evitadas nos principais manuais pedagógicos usados no treinamento dos novos economistas. Mesmo assim, é a ideia da inexorável entropia que orienta os mais heréticos programas de pesquisa.

Para essa corrente mais cética só haverá alternativa à decadência ecológica na chamada “condição estacionária” (“*stationary state*”) – que não corresponde, como muitos pensam, a crescimento zero. A proposta é superar o crescimento econômico pelo resgate de uma ideia formulada por economistas clássicos, e principalmente John Stuart Mill em 1857, agora chamada de “*steady-state economy*”.<sup>6</sup>

Para efeito pedagógico, pode-se usar uma analogia entre economias de ponta – como a dos EUA ou do Japão – e uma biblioteca que já esteja repleta de livros, sem espaço para absorver novas aquisições. A melhor solução é estabelecer o princípio de que um novo livro só poderá entrar no acervo quando outro for retirado, em uma troca que só seria aceita se o novo livro fosse melhor que o substituído. Ou seja, na “condição estacionária” a economia continuaria a melhorar em termos qualitativos, substituindo, por exemplo, energia fóssil por energia limpa. Mas nessas sociedades mais avançadas seria abolida a obsessão pelo crescimento do produto.

É pequeno o grupo de economistas hereges a considerar que a economia deva ser absorvida pela ecologia por considerar que a termodinâmica é muito mais pertinente para a primeira do que a mecânica. Foi assim que tal grupo entrou em colisão com o paradigma que une todas as correntes do pensamento econômico, da mais convencional à mais heterodoxa, e da mais conservadora à mais radical. Acham que assimilar o processo econômico a um modelo mecânico é admitir o mito segundo o qual a economia é um carrossel que de nenhuma maneira pode afetar o ambiente composto de matéria e de energia. A conclusão evidente é que não há necessidade de integrar o ambiente no modelo analítico do processo. E a oposição irreduzível entre mecânica e termodinâmica vem do Segundo Princípio, a Lei da Entropia.

---

<sup>6</sup> MILL, John Stuart. *Princípios de economia política*: com algumas de suas aplicações à filosofia social. (Vol. II). São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1983 [c1857].

Na verdade, entropia é uma noção suficientemente complexa para que não seja às vezes compreendida pelos próprios físicos. Tentando trocar em miúdos, pode-se dizer que o aumento de entropia corresponde à transformação de formas úteis de energia em formas que a humanidade não consegue utilizar. No limite, trata-se de algo relativamente simples: todas as formas de energia são gradualmente transformadas em calor, sendo que o calor acaba se tornando tão difuso que o homem não pode mais utilizá-lo. Para ser utilizável, a energia precisa estar repartida de forma desigual. Energia completamente dissipada não é mais utilizável. A ilustração clássica evoca a grande quantidade de calor dissipada na água dos mares que nenhum navio pode utilizar.

Todo organismo vivo está sujeito ao aumento de entropia, mas procura mantê-la constante pela extração de seu meio ambiente dos elementos de baixa entropia necessários à compensação. O crescimento econômico moderno baseou-se na extração da baixa entropia contida no carvão e no petróleo. Como já foi dito, um dia se baseará em formas de exploração mais direta da energia solar. Mas nem por isso poderá contrariar o segundo princípio da termodinâmica, o que acabará por obrigar a humanidade a abandonar o crescimento.

A conclusão dos heréticos é por demais inconveniente. Um dia será necessário encontrar uma via de desenvolvimento humano que possa ser compatível com a retração, isto é, com o decréscimo do produto. Por isso, no curto prazo é preciso que o crescimento seja o mais compatibilizado possível com a conservação da natureza. Não se trata de conseguir “crescimento zero”, ou “condição estacionária”, visões por eles consideradas ingênuas. Crescimento é sempre depleção e, portanto, encurtamento de expectativa de vida da espécie humana. Não é cinismo, ou pessimismo, reconhecer que os seres humanos não querem abrir mão de seu presente conforto para facilitar a vida dos que viverão daqui a 10 mil anos. Trata-se apenas de entender que a espécie humana está determinada a ter uma vida curta, porém excitante. Em suma, esse pequeno grupo fica na dúvida entre rir ou chorar quando é obrigado a entrar na atual discussão entre os economistas convencionais sobre os dois gêneros de sustentabilidade, apresentada a seguir.

### **“Arenga”**

Para a teoria convencional sobre o crescimento econômico, a natureza jamais constituirá sério obstáculo à expansão. No longo prazo, os ecossistemas não oferecerão qualquer tipo de limite, seja como fontes de insumos, ou

assimiladores de impactos. Qualquer elemento da biosfera que se mostrar limitante ao processo produtivo, cedo ou tarde, acabará substituído, graças a mudanças na combinação entre seus três ingredientes fundamentais: trabalho social, capital produzido e recursos naturais. Isto porque o progresso científico tecnológico sempre conseguirá introduzir as necessárias alterações que substituam a eventual escassez, ou comprometimento, do terceiro fator, mediante inovações dos outros dois, ou de algum deles. Em vez de restrição às possibilidades de expansão da economia, os recursos naturais podem no máximo criar obstáculos relativos e passageiros, já que serão indefinidamente superados por invenções.

Os principais adeptos dessa tese simplesmente repudiam o que chamam de “arenga” sobre a intrínseca incompatibilidade entre crescimento econômico e preocupação com o ambiente natural. Todavia, desse ultra-otimismo tecnológico, que sempre esteve na base do raciocínio convencional, não decorre necessariamente um sério desprezo pelo compromisso ético com as futuras gerações. A noção de sustentabilidade é até considerada muito útil, pois a humanidade precisa evitar tudo o que possa ocorrer em detrimento de seus descendentes. Não apenas dos mais diretos, mas também dos mais distantes. Só que isso significa, em seu ponto de vista, a preservação da capacidade produtiva para um futuro indefinido, pela ilimitada substituição dos recursos não-renováveis. O que exigirá, evidentemente, mudanças importantes na maneira de medir o desempenho das economias. Isto é, dos sistemas públicos de contabilidade, sejam eles nacionais, regionais ou locais. Será preciso calcular PIB e Produto Nacional Bruto (PNB) “verdes”, que preferem chamar de produtos interno ou nacional “líquido”.

Enxergam a sustentabilidade como capital total constante. Uma concepção que acabou sendo batizada de “fraca”. Isso porque assume que, no limite, o estoque de recursos naturais possa até ser exaurido, desde que esse declínio seja progressivamente contrabalançado por acréscimos proporcionais, ou mais do que proporcionais, dos outros dois fatores-chave – trabalho e capital produzido –, muitas vezes agregados na expressão “capital reprodutível”. Ou seja, nessa perspectiva de “sustentabilidade fraca”, o que é preciso garantir para as gerações futuras é a capacidade de produzir, e não manter qualquer outro componente mais específico da economia. É uma visão na qual a ideia de desenvolvimento sustentável acaba sendo absorvida e reduzida a crescimento econômico. O que permite entender a enfática advertência sobre a inconveniência de se procurar

uma definição menos vaga de sustentabilidade. Em suma: é o fortíssimo otimismo tecnológico que leva a pregar pela fraqueza da sustentabilidade.

Os economistas convencionais que não concordam com tal postura também não se preocupam com definições mais precisas para o adjetivo “sustentável”. O que os diferencia é que são menos otimistas sobre as possibilidades de troca-troca entre os fatores de produção, preferindo, por isso, propugnar o que chamam de “sustentabilidade forte”. Entendem que o critério de justiça intergerações não deve ser a manutenção do capital total, mas sim sua parte não reprodutível que chamam de “capital natural”. E por não ignorarem que grande parte desse “capital natural” é exaurível, propõem que os danos ambientais provocados por certas atividades sejam de alguma forma compensados por outras.

Esse debate em torno da força relativa que deveria ter a sustentabilidade é dos mais bizantinos. Afinal, na concepção convencional, o objeto ciência econômica é o gerenciamento racional da finitude dos recursos produtivos em sociedades marcadas pela infinitude das necessidades humanas. O manejo dessa contradição se faz por um sistema no qual os preços exprimem a escassez relativa dos bens e serviços, papel que tem sido desempenhado da maneira mais eficiente por mercados livres, sem restrições (embora quase todos tenham exigido institucionalização de códigos de comportamento e vários graus de regulamentação pública, principalmente estatal). A economia convencional lida, portanto, com a alocação eficiente de recursos escassos para fins alternativos, presentes e futuros, por meio do sistema de preços de mercado. Nesse sentido, a questão da sustentabilidade corresponde à administração mais ou menos eficiente de uma dimensão específica da escassez.

Se os mercados de recursos naturais funcionassem razoavelmente e gerassem seus preços relativos, nem teria surgido preocupação especial com a sustentabilidade ambiental, pois eles estariam sendo alocados de maneira eficiente ao longo do tempo. Como isso não ocorre, o problema foi catalogado entre as “imperfeições de mercado”. E a saída que parece razoável para todos os convencionais é a criação de novos mercados para os bens ambientais, como, por exemplo, mercados de direitos de poluir ou de quotas de emissões. E para que tais mercados possam surgir, são adotados vários expedientes de “precificação”, mais conhecidos como técnicas de valoração.

Essa foi a maneira de responder à embaraçosa questão sobre o valor econômico de bens que não adquirem valor de troca, não tendo, portanto, preços. Os economistas convencionais passaram a dizer que o valor de troca e o valor de uso

são apenas duas das partes de um valor total. E que este também é formado por outros tipos de valores, entre os quais o “valor de existência”. Afinal, dizem eles, se algumas pessoas conseguem satisfação somente por saber que algum ecossistema particular existe em condições relativamente intocadas, o valor resultante de sua existência é tão real como qualquer outro valor econômico, seja de uso ou de troca.

Esse valor começou então a ser medido por uma espécie de análise de custo-benefício da alteração do bem-estar. Para um indivíduo, o valor da mudança para uma situação preferida será revelado pela “dispa”: sua disposição a pagar por esse ganho. Se, ao contrário, houver perda, ela será revelada pela “disco”: sua disposição em aceitar algo como compensação. Para a sociedade, o valor líquido de uma mudança ambiental pode ser avaliado pela diferença entre o total das “dispa” dos que esperam ganhar e o total das “disco” dos que esperam perder.

Os procedimentos para esse tipo de avaliação que se tornaram mais usuais são bem semelhantes às sondagens de opinião. Propõem alternativas a uma amostra populacional afetada por um problema ambiental de maneira a que sejam registradas as “dispa” e “disco”. Assim, se os cidadãos estiverem bem informados sobre as consequências das opções propostas, podem ser calculados valores econômicos de bens para os quais não existem mercados. É dessa forma que costumam ser estimados, por exemplo, valores de existência de espécies em extinção.

Nesse processo, os adeptos da economia ambiental convencional também foram se convencendo de que a dificuldade de saber qual é o valor econômico da diversidade biológica, por exemplo, não decorre de limitações da ciência econômica e sim de limitações das ciências naturais. Achrom que seus métodos de avaliação só não trazem bons resultados porque os ecólogos costumam ter pouca confiança em suas estimativas sobre os impactos da alteração dos ecossistemas, além de raramente chegarem a um acordo. Se os peritos não podem construir cenários fidedignos que descrevam os efeitos de políticas alternativas para a biodiversidade, as “dispa” e “disco” dos cidadãos reagirão a esses cenários refletindo aquela incerteza e desinformação, tanto quanto qualquer incerteza adicional que venha a ocorrer às suas próprias preferências com relação à biodiversidade. A confusão, a ignorância e a apatia entre os leigos refletiriam, então, sinais incompletos e dissonantes dos especialistas.

### **O problema**

Seria um imenso equívoco imaginar que só os economistas convencionais utilizam essas técnicas de valoração dos elementos do meio ambiente que não

têm preços. Por razões bem pragmáticas, ligadas ao maior poder de persuasão de argumentos baseados em valor monetário, é comum que economistas da corrente mais cética também se sirvam desses expedientes de precificação. Por isso, em países de capitalismo maduro, já é comum sondar a opinião das pessoas para saber que tipo de valor elas atribuiriam a uma determinada melhora da qualidade do ar ou à preservação de um rio.

O maior problema é que esse malabarismo nem sempre consegue persuadir. Qual poderia ser, por exemplo, o preço do ozônio em rarefação ou o preço de uma função como a regulação térmica do planeta? Será que a preservação da diversidade biológica e cultural poderia ficar na dependência do aperfeiçoamento dessas tentativas de simular mercados? Questões que só aumentam a distância entre economistas convencionais e “ecológicos”, mesmo que usem as mesmas técnicas. Os mais otimistas consideram que a ciência econômica só não respondeu a esses problemas no passado porque eles não eram considerados prementes pela sociedade. Os outros acham que esses problemas revelam a imaturidade da economia como ciência, pois questionam a própria visão de sistema econômico que é comum a todas as teorias, das mais radicais às mais conservadoras.

Um bom exemplo foi o estudo realizado pela turma da “economia ecológica” sobre os benefícios proporcionados aos seres humanos por dezesseis grandes ecossistemas terrestres, publicado em 1997 pela revista *Nature*. Diz que as funções desempenhadas por esses ecossistemas, que há milhões de anos vinham sendo usufruídas gratuitamente pela humanidade, na verdade valem quase duas vezes toda a riqueza produzida no mundo durante um ano, isto é, cerca de 33 trilhões de dólares anuais. Para um dos pesquisadores envolvidos, esse resultado “pode até não ser muito preciso, mas serve para dar uma dimensão da importância da natureza na atividade humana”. Segundo outro membro da equipe, “fica muito mais fácil para a população e para as autoridades compreender que, quando se usa a natureza, há um preço a pagar”.

Será que a atribuição de um preço fictício a um bem natural é a melhor maneira de ganhar a opinião pública para a preservação ambiental? Uma parte crescente dos economistas responde que sim. No fundo, eles estão convictos de que a racionalidade econômica sempre dominará as outras racionalidades. Como o Pequeno Príncipe de Saint-Exupéry, eles acham que os adultos nunca valorizam uma casa porque ela tem tijolos rosados, com gerânios nas janelas e pombas no telhado. Só são capazes de admirar sua beleza quando ouvem que ela custa tantos milhões.

O problema é que os adultos também não acreditam em estórias da carochinha. Sabem que os preços são determinados simultaneamente pela utilidade e pelo custo de produção. Percebem intuitivamente que não se pode saber se o preço é governado pela utilidade ou pelo custo de produção. Tanto quanto não se pode afirmar se é a lâmina inferior ou superior de uma tesoura que corta uma folha de papel.

Isso quer dizer que só podem ter valor econômico e, portanto, preço, bens que sejam produtíveis e apropriáveis. E tais bens representam, por mais espantoso que possa parecer, uma ínfima parcela do universo formado por todos os seres vivos e objetos que compõem a biosfera. A aceitação dessa microscópica redução foi indispensável para que se chegasse à visão de sistema econômico representado pelas contas sociais.

Ao nos perguntarmos como será possível contabilizar monetariamente bens naturais que não têm preço, estamos nos perguntando se é possível estender a economia para um campo que não é o seu. A noção usual de sistema econômico consolidou-se justamente pelo crescente distanciamento da natureza. Por isso, toda tentativa de incorporar variáveis ambientais nas contabilidades esbarra em obstáculos conceituais e práticos que acabam tornando os resultados muito suspeitos. Tão suspeitos quanto esses 33 trilhões de dólares anuais atribuídos a dezesseis grandes ecossistemas terrestres.

O que realmente opõe os economistas ecológicos a todas as outras correntes não é, portanto, o uso de técnicas de valoração. O verdadeiro pomo da discórdia é o seguinte: recursos naturais e capitais são geralmente complementares e não substitutos. Pensar, como os convencionais, que eles possam se substituir, é contrariar duas leis da termodinâmica. Imaginar uma economia sem recursos naturais – como chegaram a fazer alguns de seus expoentes – é simplesmente ignorar a diferença entre o mundo real e o Jardim do Éden. E a melhor defesa dos convencionais se baseia em argumento que é muito simples: os modelos analíticos da economia convencional são feitos para ajudar em questões de médio prazo, isto é, para os próximos cinquenta ou sessenta anos. Um horizonte em que os recursos naturais ainda poderão ser facilmente substituíveis por capital.

### **Impasse**

Não pode ser mais patente, então, a raiz do impasse. Quando se evoca a segunda lei da termodinâmica para evidenciar a fatalidade entrópica, o horizonte temporal é evidentemente de longuíssimo prazo. Por isso prevalece um

verdadeiro anátema entre os economistas convencionais e os ecológicos a respeito da sustentabilidade, mesmo na tal versão chamada de “forte”. E a questão que imediatamente se coloca só pode ser a seguinte: nada poderia preencher esse imenso vazio que separa modelos de crescimento para algumas décadas da milenar fatalidade entrópica? Não há, nesse caso, um “caminho do meio”?

O que existe de diferente não chega a ser um “caminho do meio”, mas sim um incipiente desdobramento menos pessimista das ideias dos hereges. O principal é entender que a esmagadora maioria dos economistas contemporâneos é ultraotimista. Consideram que a economia mundial continuará desfrutando indefinidamente do crescimento intensivo e acelerado da produção, como vem ocorrendo desde a Revolução Industrial. No extremo oposto, a ínfima minoria que repudia esse tipo de otimismo insiste que os serviços da natureza estão sendo usados a uma taxa superior àquela que a biosfera é capaz de suportar no longo prazo. Preconizam políticas com o objetivo de sustar o aumento do uso dos recursos naturais, principalmente nos países mais ricos. E apenas começam a surgir ideias que talvez até possam abrir um “caminho do meio”. Uma delas é a necessidade de resgatar a grande diferença que existe entre PIB e riqueza. Principalmente porque o PIB não inclui a depreciação de ativos, como é o caso da degradação de ecossistemas.<sup>7</sup>

GILBERTO BRASIL.\* (*ver powerpoint à p. 228*)

#### **USO ECONÔMICO DE RESÍDUOS: UMA CONTRIBUIÇÃO À SUSTENTABILIDADE**

##### **I. Introdução**

A gestão racional de diversos tipos de resíduos oferece oportunidade importante para solução de problemas ambientais associada a ganhos econômicos, rompendo com conceitos de que o meio ambiente seria “*um entrave ao desenvolvimento*”. Essa possibilidade é bastante oportuna no Brasil, onde existe uma cultura de negligência e de omissão que, associada à grande disponibilidade dos recursos naturais, incentiva desperdícios de toda ordem.

A recente demanda por biocombustíveis, por exemplo, tem trazido à tona problemas antigos de má gestão do uso dos solos no Brasil e práticas de

<sup>7</sup> Um bom exemplo está no “contraponto” de Partha Dasgupta às ideias de Herman E. Daly na revista *Scientific American Brasil*, ano 4, n41 (Outubro 2005), p.92-98. E também o relatório do Banco Mundial intitulado *Where is the wealth of Nations? Measuring capital for the XXI Century*, (Julho 2005).

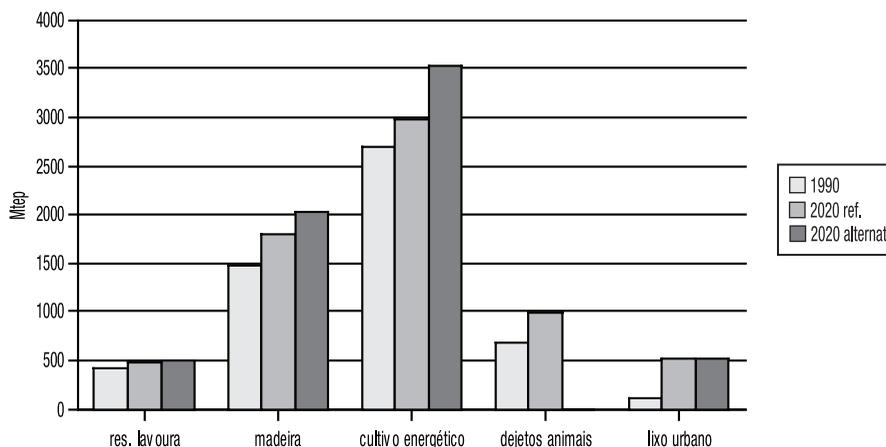
\*Texto enviado pelo palestrante.

desrespeito às leis ambientais, fundiárias e trabalhistas, fazendo temer que os inequívocos benefícios globalizados de uso de recursos renováveis sejam anulados por más práticas ambientais e tragam graves impactos regionais e locais, como assoreamento de rios e represas, aumento dos desmatamentos e queimadas, perdas de biodiversidade, concentração fundiária e de renda etc.

Nesse contexto, o uso de resíduos orgânicos disponíveis nas áreas rurais e urbanas pode trazer uma alternativa complementar economicamente atraente, sempre que o uso atual desses resíduos esteja sendo inadequado, diminuindo a pressão sobre os ecossistemas e a biodiversidade. A biomassa de origem residual não compete, como os agroenergéticos cultivados, principalmente *commodities* agrícolas, com alimentos e outros usos, o que muitas vezes conduz à inviabilidade econômica.

Uma das iniciativas do governo federal é o Programa Nacional de Agroenergia proposto pelo MAPA em 2005 (1). O gráfico a seguir reproduz os dados do PNA para o potencial das diversas fontes de biomassa, em escala mundial.

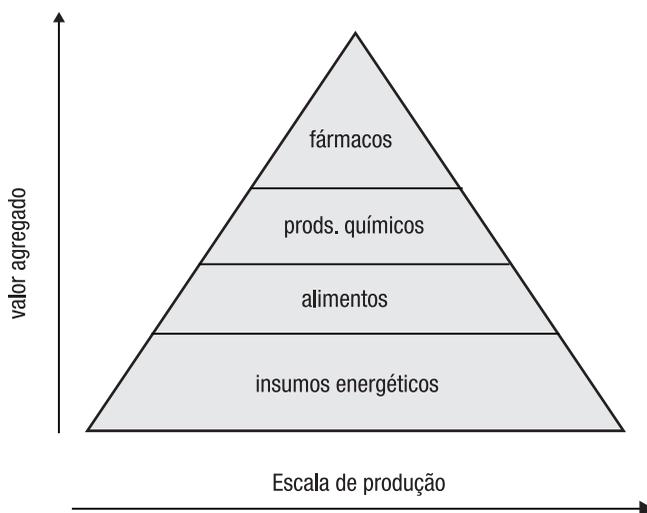
#### I. Potencial energético mundial de biomassa



Cumprir observar que os insumos energéticos estão na base de uma pirâmide de valoração econômica, caracterizada por grande mercado, mas baixo valor agregado. Alimentos, produtos químicos e fármacos, nessa ordem, oferecem mercados menores, porém de valor agregado crescente (fig 2).

A seguir serão analisadas as potencialidades de diversos tipos de resíduos de volume e importância ambiental e econômica significativas, tanto para uso energético como para outras aplicações (indústria química etc.). Além de resíduos de biomassa, são considerados materiais inorgânicos, como pirita, fosfogesso e resíduos de aciaria.

## 2- valor agregado vs. escala de produção



## 2. Diagnóstico dos resíduos orgânicos

### 2.1. Biomassa de cultivos agrícolas

Uma das biomassas residuais mais importantes no contexto brasileiro é aquela resultante da cultura da cana de açúcar, na forma de bagaço e também de palha. Embora boa parte do bagaço seja aproveitado em caldeiras para gerar energia nas usinas e, algumas vezes, para venda, o restante é queimado para simples descarte, consistindo em grande desperdício. O potencial atual disponível é de 180 milhões de ton/ano.

Quanto à palha, prevê-se que, com a expansão da cultura da cana de açúcar, sua produção no período 2015-2016 atinja 126 milhões de toneladas. Atualmente, a destinação desse material é bastante inadequada, pois sua queima, realizada para facilitar a colheita por meio de corte manual, cria problemas de saúde pública nas cidades do interior situadas próximas das áreas de plantio, emissão de gases de efeito estufa, perda da cobertura dos solos e desperdício de um insumo valioso para uso energético, além de usos de maior valor agregado.

Uma aplicação não-energética é o uso de palha residual da cultura da cana de açúcar como substrato para produção de Forragem Verde Hidropônica. Essa possibilidade permitiria transformar esse insumo em forragem para alimentação animal, com significativos ganhos de produtividade – que permitiriam a intensificação da produção, evitando a perda de diversidade da economia. Permitiria, ainda, que a atividade pecuária abra novas fronteiras e áreas de

plântio em locais de vegetação nativa e de riqueza em biodiversidade. A proposta tem, também, vantagens sociais, pois incorpora novas possibilidades ao alcance dos pequenos produtores, sendo ainda uma alternativa que permite a integração pecuária-agricultura e contribui positivamente para melhorar o modelo econômico prevalente.

Outros resíduos agrícolas importantes são cascas de coco (5 milhões de ton/ano) e de arroz (10 milhões de ton/ano). Um dos usos é a geração de energia (vide 4.4). Vários desses materiais têm usos de interesse social em artesanatos, e a fibra de coco substitui em jardinagem o uso de vasos de xaxim extraído de forma predatória da Mata Atlântica. Outros resíduos importantes de agro-indústrias são produzidos em vinícolas e em laticínios (soro da fabricação de queijos). Gorduras de origem animal são geradas em matadouros e em curtumes.

### **Biomassa de origem florestal**

Cerca de 5% da demanda mundial por energia é atendida com a queima de madeira. No Brasil, a biomassa florestal teve no passado papel importante no consumo energético, pois representava, até 1972, a principal fonte energética do país. Em 1973 foi suplantada pelo petróleo e somente em 1978 pela hidroeletricidade. Além disso, ao contrário dos países desenvolvidos que têm uma indústria de base florestal bem consolidada, como o Canadá e a Finlândia, nossas indústrias atuam apenas em um segmento: papel e celulose ou derivados de madeira sólida.

Segundo o LPF/IBAMA, os cerca de 50 milhões de metros cúbicos de madeira em tora extraídos em 2000 na região Amazônica produziram apenas 20 milhões de metros cúbicos de madeira serrada. Do total, 60% foram desperdiçados nas serrarias durante o processamento primário. Em geral, mais 20% são desperdiçados no processamento secundário, gerando um imenso volume de resíduos. No total brasileiro, estima-se a existência de 50 milhões de m<sup>3</sup>/ano só de resíduos provenientes do processamento industrial e da exploração florestal sustentável. Considerando as outras formas de exploração, esse valor atinge 140 milhões m<sup>3</sup>/ano.

No Sul e no Sudeste, em geral, a existência de florestas plantadas conduz a um quadro menos desolador, mas os desperdícios também são grandes. De acordo com pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina, só os resíduos de serrarias representam um montante de 620 mil toneladas de serragem por ano. Em um diagnóstico efetuado na região de Caxias do Sul (RS),

abrangendo 120 empresas de desdobro de madeira, foi constatada uma geração de resíduos entre 31% e 40%, dependendo da matéria prima de reflorestamento (pinus, araucária e eucalipto). Observe-se, ainda, o emprego parcial da araucária, espécie nativa ameaçada, cuja quantidade serrada foi de 313 m<sup>3</sup>/ mês.

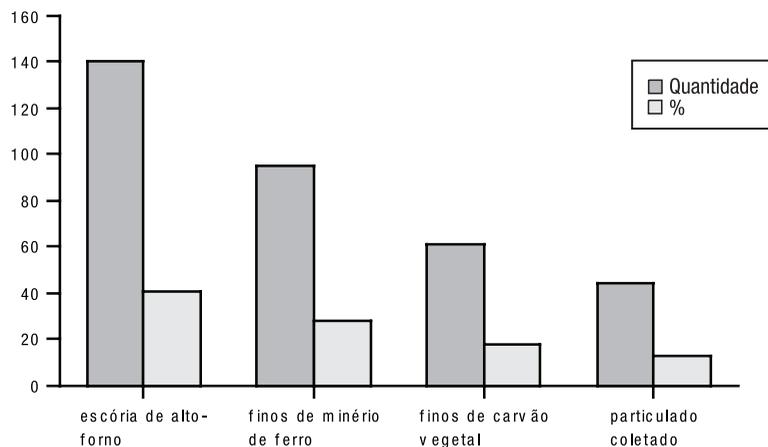
De acordo com estudos do IPT,

*“com raras exceções, o setor moveleiro no Brasil não possui nem pratica programas permanentes de conservação ambiental nem planos de gerenciamento integrado de resíduos. No país, estima-se que não chegam a 5% as empresas que praticam algum esquema de conservação ambiental, com prevenção de impactos ambientais causados pelo seu processo de produção, pelas matérias-primas, insumos e componentes utilizados, pela geração de resíduos e pela disposição destes.” (2)*

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, sendo que no setor industrial 85% dessa produção destinam-se ao setor siderúrgico, para produção de ferro-gusa, aço e ferro-ligas.

Os demais segmentos estão representados abaixo.

### 3 - Destinação do carvão vegetal no Brasil



(\*)- carvão + ger. elétrica Fonte: mme- ben

### **Biomassa contida nos RSU (resíduos sólidos urbanos)**

Para efeitos de um diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos, o SNIS considera a seguinte amostragem de municípios.

**TAB I- Municípios selecionados para o Diagnóstico de Manejo de rsu- 2005**

faixa população amostrados	número de habitantes por faixa	quantidade de municípios	população amostrada	participação no Brasil %	
				municípios	população
1	até 30.000	39	846.694	0,9	1,8
2	30.001 a 100.000	42	2.331.8625	5,6	6,0
3	100.001 a 250.000	46	7.411.778	29,3	30,9
4	250.001 a 1.000.000	51	23.371.563	60,7	64,2
5	1.000.001 a 3.000.000	12	20.993.001	100,0	100,0
6	mais de 3.000.000	2	17.022.168	100,0	100,0
		192	71.977.066	3,5	39,1

Fonte: snis- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2005

Contudo, essa amostragem distorce a realidade, pois considera todos os municípios acima de 3 milhões de habitantes e apenas 2% daqueles abaixo de 30 mil habitantes, nos quais a presença de lixões é predominante.

Segundo o estudo “Gestão de resíduos no Brasil: uma visão geral”, publicado pela ABRELPE em 2007 (3), a quantidade de RSU coletado no Brasil foi de 164.774 ton/ dia, contra um total de 173.524 ton/dia gerados, o que indica uma boa eficiência global de coleta.

Os RSU, no Brasil, são ricos em matéria orgânica, cerca de 50% a 60%, o que ofereceria oportunidades importantes na geração de energia e na compostagem, em vez da solução geralmente aceita que é a deposição em aterros sanitários. Em países desenvolvidos, as diretrizes são opostas, pois o Landfill Directive da União Europeia já recomendava a redução drástica do envio de materiais biodegradáveis para aterros sanitários até o ano de 2006, com o objetivo de erradicar totalmente o aterramento desses materiais. Na UE, a potência instalada a partir de RSU em 2000 era de 8.800 MW (8,8 GW) (4).

O uso futuro para outras destinações de antigas áreas de aterros sanitários é problemática, pois as emissões de metano podem perdurar até 100 anos, criando problemas de segurança (explosões etc.). Considerando o valor mais conservativo, teríamos 82 mil ton/dia de matéria orgânica no RSU. Considerando a

possibilidade de fermentação anaeróbia, tem-se a geração de 350 a 500 m<sup>3</sup> de gás metano/ton, o que, considerada a conversão de 0,1 Mwh/ ton produziria uma potência de 0,342 GW.

Outra possibilidade é a incineração direta do resíduo, que gera um mínimo de 0,4 Mwh/ ton. Considerando as 82 mil ton/dia, obter-se-ia uma potência de 1,36 GW. Desse modo, a incineração é um processo mais eficiente do que a geração por fermentação anaeróbia, mas apresenta o desafio de remoção de poluentes orgânicos persistentes (POP), objeto da Convenção de Estocolmo. Essa remoção é tecnicamente viável com a adoção de sistemas de tratamento de gases eficientes, inclusive com a possibilidade de conversão catalítica de poluentes.

O gráfico 4 identifica a disposição final de resíduos e a existência ou não de licenciamento ambiental, indicando a situação crítica dos lixões no Brasil.

#### **2.4. Biomassa do esgotamento sanitário**

Segundo estudo do IBGE publicado em 2000, em 1989 apenas 47,3% dos municípios brasileiros dispunham de esgotamento sanitário. Onze anos mais tarde, a situação não melhorou muito, com 52,2% dispondo de esgotamento sanitário. Em geral, quanto maior a população do município, maior a proporção de domicílios atendidos. As diferenças regionais são marcantes, pois apenas 7,1% dos municípios da região Sudeste não dispõem desse serviço, contra 92,9% dos municípios da região Norte.

Se a cobertura do serviço é reduzida e o tratamento pouco abrangente, a situação se agrava quanto à destinação final. Dos municípios que dispõem de esgotamento, um terço tratam esse efluente, enquanto a maioria (2/3) despejam o material *in natura* no meio ambiente, em geral em rios, provocando impactos ambientais negativos já bem conhecidos.

Ainda segundo o IBGE, o volume total de esgotos no Brasil atinge 14,5 milhões de m<sup>3</sup>/ dia, o que resulta em 5,2 bilhões de m<sup>3</sup>/ ano. Cruzando essas informações com dados qualitativos de Pereira Lima e Oliveira (5), o teor médio de sólidos no esgotamento sanitário é 0,1%, dos quais 70% são de matéria orgânica (m.o.). Considerando uma densidade de 0,8 , resulta num total de 2,9 milhões de toneladas de matéria orgânica./ano.

Do mesmo modo como pode ser feita a digestão anaeróbia do efluente de esgoto, além de priorizar a universalização do serviço, pode-se gerar biogás a partir da fermentação anaeróbia, produzindo metano para geração de energia

elétrica ou uso veicular. Pode-se dar destinação diferenciada ou não ao lodo e ao efluente aquoso.

Outras pesquisas e desenvolvimentos visam à produção de hidrogênio, eletricidade a partir de células de combustível microbianas, gaseificação, pirólise, cultivo de algas para produção de biodiesel etc.

O Estado do Rio de Janeiro iniciou em 2003 esforços para instalação de uma usina pioneira para geração de 1 MW de potência a partir de lodo de esgoto na ETE Penha.

Esforços semelhantes estão sendo desenvolvidos pelo CENBIO/USP no Campus Universitário para gerar, em escala piloto, 14 kWh.

### **2.5. Vinhaça ( produção de etanol)**

Segundo o Balanço Nacional de Cana-de Açúcar e Agroenergia (MAPA, 2007), a produção de cana na safra 2005/2006 foi de 380 milhões de toneladas. Considerando-se que a produção média de vinhoto descartada pelas usinas seja de 7 m<sup>3</sup>/ton cana, temos um volume de 2,6 bilhões de m<sup>3</sup>/ ano de efluente aquosos. Gestões mais eficientes e reciclagem da água têm reduzido esse valor até 3 m<sup>3</sup>/ ton cana, em alguns casos.

O vinhoto contém, além de matéria orgânica, diversos nutrientes que são adicionados ao caldo para desenvolvimento das leveduras usadas na fermentação. Embora muitas usinas tenham equacionado o descarte do vinhoto por meio da fertiirrigação de suas áreas de plantio, muitas vezes esse processo é restrito ao entorno da unidade industrial, havendo preocupação com a possibilidade de contaminação de aquíferos e de salinização de solos a longo prazo.

Em São Paulo, a Portaria da CETESB P4.23 de dezembro de 2006 estabelece critérios e procedimentos para aplicação da vinhaça em solos agrícolas.

Pesquisas recentes estudam a possibilidade de digestão anaeróbia do vinhoto, gerando metano de uso potencial na geração de energia e reduzindo a DBO desse efluente. Outras alternativas seriam a recirculação na fermentação, a concentração por membranas, concentração térmica, combustão de vinhaça concentrada e a precipitação dos sais, com sua possível reciclagem. Todas essas possibilidades apresentam algum tipo de inconveniente à sua exploração comercial.

### **2.6. Gás carbônico**

Como a grande maioria dos processos que usam combustíveis partem de fontes de carbono, sejam elas renováveis ou de origem fóssil, a queima desses

insumos gera invariavelmente volumes expressivos de gás carbônico – o produto final da combustão –, que embora não seja tóxico é o principal gás causador do efeito estufa.

O processo de fermentação do caldo de cana para obtenção de etanol também gera quantidades importantes de  $\text{CO}_2$  de elevada pureza, em uma relação praticamente de 1:1 em relação à massa de etanol produzido.

A indústria de cimento também gera quantidades grandes de  $\text{CO}_2$  pela decarbonatação das rochas calcárias, revertendo o processo natural de intemperismo que as formou durante tempos geológicos. A siderurgia, ao usar o monóxido de carbono gerado a partir de carvão como agente redutor do minério, emite como resíduo grande quantidade de  $\text{CO}_2$ .

Sendo um gás ácido, o  $\text{CO}_2$  pode reagir com produtos alcalinos, gerando sais (carbonatos) que encontram diversas aplicações nas indústrias de fertilizante, gesso, cimento, cerâmica, ureia, agente gaseificante em bebidas, gelo seco etc. Nos primórdios da colonização dos EUA, a primeira indústria daquele país consistiu na produção de carbonato de potássio a partir de melão e cinzas. Esse produto era exportado para a Inglaterra e usado no branqueamento de lã, uma vez que ainda não eram conhecidos processos de eletrólise do sal marinho para produção de soda ( $\text{NaOH}$ ). Esse processo foi objeto da Patente nº1 dos EUA, concedida a Samuel Hopkins em 1790 (6).

Outro carbonato de interesse industrial é o carbonato dissódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dos quais foram importados US\$ 103 milhões em 2006. É sintetizado pela reação entre  $\text{CO}_2$  e  $\text{NaOH}$ .

Recentemente, a Universidade de Cornell, nos EUA, desenvolveu uma linha de plásticos de segunda geração que emprega gás carbônico como matéria-prima. Um catalisador à base de zinco permite sintetizar policarbonatos a partir de  $\text{CO}_2$  e epóxidos (compostos cíclicos formados por três átomos)

Um uso possível do gás carbônico residual é na síntese da ureia (reação com amônia), insumo importante para fertilizantes e do qual o Brasil importou, em 2006, US\$ 364 milhões.

Esses usos do  $\text{CO}_2$  residual deslocam aplicações que partem de combustíveis fósseis e podem ser mais facilmente viabilizados a parte de fontes fixas, como indústrias e centrais termelétricas.

A captação do  $\text{CO}_2$  pode ser facilmente feita a partir de sistemas de absorção em solução alcalina, cujo equilíbrio químico pode ser deslocado atuando na temperatura. Essa tecnologia permite, entre outros usos, separar  $\text{CO}_2$  de metano

em processos de fermentação anaeróbia e dar destinação adequada ao CO<sub>2</sub> puro, que poderia ser liquefeito para facilitar o transporte. O metano concentrado pode ser comprimido para uso em frotas de veículos, com características próximas às do gás natural. O mesmo processo é válido para separar o CO<sub>2</sub> de outros inertes, como N<sub>2</sub>.

### **3. Diagnóstico dos resíduos inorgânicos**

#### **3.1. Resíduos da exploração de carvão mineral (pirita e óxidos de ferro)**

Estima-se que esses resíduos piritosos alcancem 300 milhões de toneladas, sendo a segunda maior fonte brasileira de enxofre, apenas superados pelo xisto betuminoso de Irati (PR), cuja exploração industrial é feita atualmente pela Ultrafértil.

Calcula-se que as ocorrências de carvão com mais de 8% de enxofre em Santa Catarina ultrapassem 1,2 bilhão de toneladas. O Brasil não dispõe de jazidas de enxofre elementar (não combinado quimicamente). Em Ouro Preto, MG, existem reservas de pirita, economicamente exploráveis, da ordem de 40 milhões de toneladas, com 10% de enxofre. Essas reservas supriram as necessidades do complexo fabril do Ministério do Exército situado em Piquete, SP, durante as décadas de 1940 e 1950.

Foi em 1951, face à carência de enxofre importado provocada pela desativação do setor industrial do Hemisfério Norte durante a Segunda Guerra Mundial, que se cogitou pela primeira vez da industrialização dos resíduos de pirita disponíveis em Santa Catarina. Essa exploração foi conduzida de modo desastroso, inclusive pelo Estado, representado pela CSN- Cia. Siderúrgica Nacional, descartando no meio ambiente imensos volumes de resíduos piritosos, com contaminação do ar, dos recursos edáficos, hídricos e com danos à saúde das populações de seu entorno.

Houve uma tentativa de exploração racional desses resíduos, com a implantação da Indústria Carboquímica Catarinense (ICC) em Imbituba, SC, para produção de ácido sulfúrico que consumiria 300 mil ton/ano de enxofre residual através da ustulação da pirita pelo processo Mitsubishi. Em plena capacidade, a ICC consumiria 230 mil ton/ano de pirita carbonosa (8% de carbono e 44% de enxofre). Anexo à fábrica de ácido sulfúrico, uma usina termoelétrica de 11 MW iria utilizar o calor excedente gerado na ustulação da pirita, que é altamente exotérmica. Previa-se ainda usar o ácido sulfúrico para tratar apatita, que poderia ser minerada em Anitápolis, a 80 km de Imbituba, resultando em ácido fosfórico como produto final. A figura 5 ilustra a combustão espontânea da pirita em área da Cia. Carbonífera Catarinense em Criciúma, SC.

### 5- combustão espontânea da pirita



Principalmente devido ao uso na produção de fertilizantes, o Brasil é grande importador de enxofre, situação que tende a se agravar com o desenvolvimento da China. As origens principais são Canadá, EUA, Rússia e Venezuela, em geral resíduo da dessulfurização de petróleo e gás natural. Além do enxofre, o Brasil importa ainda diversos intermediários e produtos finais entre fertilizantes e defensivos agrícolas. Desses insumos, as únicas importações inevitáveis seriam as de cloreto de potássio, considerando-se as imensas reservas canadenses a céu aberto.

O aproveitamento econômico desses resíduos traria grandes vantagens ao país, desde que conduzidas de modo ambientalmente adequado. A recuperação do enxofre gera ainda outro resíduo, o óxido de ferro, dos quais existe um depósito significativo nas antigas instalações da ICC – esses depósitos poderiam ser usados em siderurgia.

Considerando o imenso impacto ambiental desses resíduos, o Ministério Público Federal (7) ingressou em 1993 com uma Ação Civil Pública (Nº 93.8000533-4) contra as empresas do setor e a União. Recentemente, o processo transitou em julgado no STJ, tendo sido a União condenada como réu solidário às empresas, comprovada inequivocamente a sua omissão na fiscalização e controle ambiental da atividade. A União foi ainda condenada indiretamente por meio das estatais CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) e ICC (Indústria Carboquímica Catarinense). Essa sentença é inédita no país, abrindo precedente para ações similares onde se caracterize a omissão de órgãos de meio ambiente na fiscalização de atividades impactantes.

### 3.2. Fosfogesso

Outro resíduo industrial importante também está relacionado ao ciclo econômico do enxofre: o fosfogesso das indústrias de fertilizantes. As rotas

dominantes no Brasil se baseiam em processos de ataque químico das rochas ricas em fósforo (P), as apatitas, com produção do insumo desejado, o ácido fosfórico, usado nos processos de produção de MAP, DAP (mono e dihidrogênio fosfatos) e outros fertilizantes, com a consequente liberação de grandes quantidades de gesso, pela reação do enxofre do ácido sulfúrico com o cálcio da rocha. São produzidas quatro a seis toneladas de fosfogesso para cada tonelada de  $P_2O_5$ . Atualmente, as indústrias acumulam esse resíduo em grandes áreas de estocagem, completando um ciclo de insustentabilidade.

Apesar de ser um material relativamente inerte, contém traços de outros elementos, como terras raras e materiais radioativos, entre os quais o  $^{222}Rn$  (radônio). Assim, possíveis aplicações devem avaliar o seu potencial impacto radiológico (8).

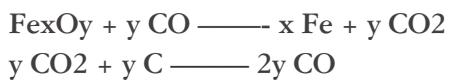
Há necessidade de se investir em pesquisas que possibilitem a decomposição economicamente viável do fosfogesso, regenerando óxido de enxofre para produção de ácido sulfúrico além de óxido de cálcio para produção de cimento. Esse uso é adequado ambientalmente, pois desloca o emprego de calcário – que contribui de modo intensivo para o efeito estufa, uma vez que na indústria cimenteira o calcário passa por um processo de descarbonatação –, gerando grandes quantidades de gás carbônico. Outra alternativa interessante é usar rotas alternativas aos processos de via úmida, como a síntese de termofosfatos a partir da apatita, prescindindo de ácidos minerais e com a vantagem adicional de produzir um fertilizante de caráter alcalino.

### **Escória de altos-fornos e de aciaria**

O maior produtor de aço é o Estado de Minas Gerais, que concentra 70% da produção nacional. O minério de ferro é constituído quimicamente de óxidos de ferro, contendo ainda areia fina como impureza. O ferro gusa (ou de primeira fusão) é o primeiro estágio do processo de redução.

Na siderurgia, o carvão exerce duplo papel:

- como combustível, permite alcançar altas temperaturas (cerca de 1.500 °C) necessárias à fusão do minério.
- como redutor, reage com o oxigênio que se desprende do minério à alta temperatura, liberando o ferro metálico:

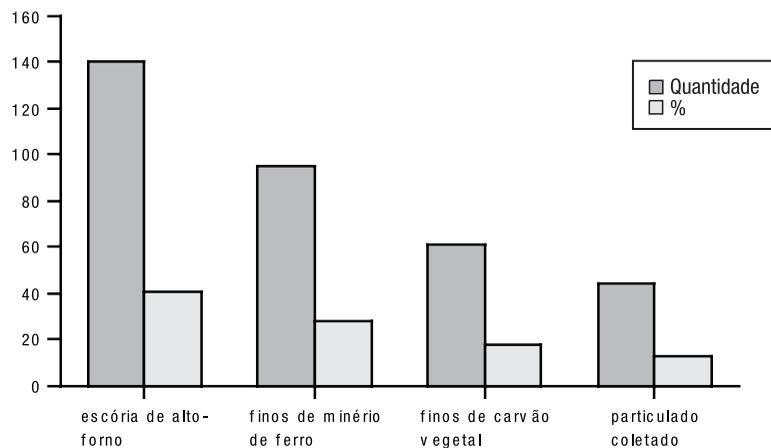


reação de Boudoudard

Forma-se a escória, composta por impurezas como calcário e sílica, que encontra aplicação como matéria-prima para a fabricação de cimento. O refino do ferro gusa por intermédio da queima de impurezas e adição de outros componentes (níquel etc.) resulta na transformação em aço (9).

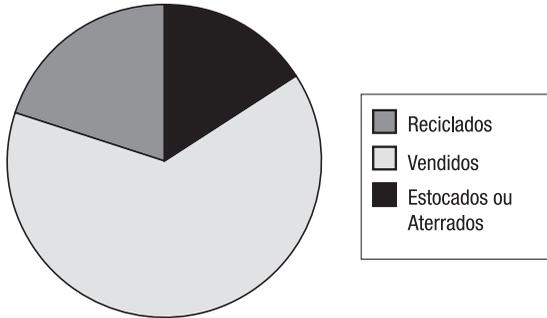
Assim, esse setor industrial produz, como resíduos sólidos, escórias de alto-forno, finos de minério de ferro, finos de carvão vegetal, pós coletados em sistemas de tratamento de gases e resíduos de aciaria. A produção brasileira de escórias de alto forno em 1996 foi de 6,4 milhões de toneladas, sendo 0,7 de resfriamento lento e o restante granulado, o que facilita a reciclagem como aglomerante. Produz-se ainda 3,2 milhões de ton/ano de resíduos de aciaria com teores expressivos de aço residual, CaO, MgO e  $\text{C}_2\text{S}$ , de natureza instável. Segundo Ângulo, Zordan e John (10), embora grande parte da escória granulada esteja sendo usada na produção de cimento, parte considerável é descartada em aterros. Nas siderúrgicas independentes, para cada tonelada de ferro gusa são gerados 340 quilos de resíduos sólidos, cuja distribuição consta do gráfico abaixo, baseado em dados da Ass. Bras. de Siderurgia (ABS) (11).

#### 6 - Resíduos da indústria siderúrgica



De acordo com a figura 7, embora não seja a destinação principal, o volume de resíduos siderúrgicos aterrados é significativo, pois corresponde a 2.257.900 ton/ano (12).

### 7 - Destinação dos resíduos siderúrgicos



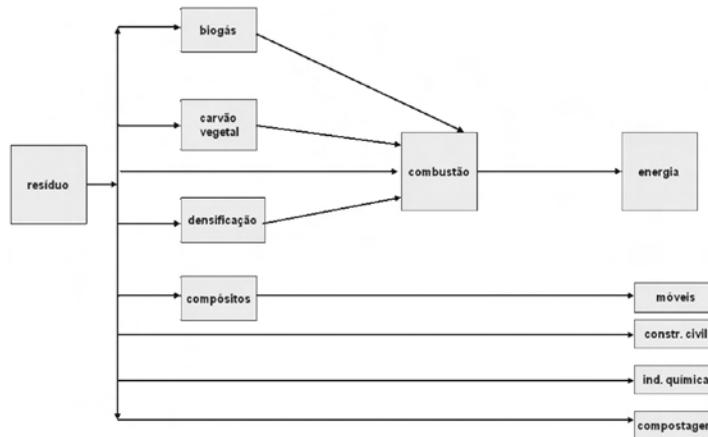
Entre os usos potenciais desses materiais, pode-se citar:

- bases de estradas
- produção de cimento
- lã mineral
- asfalto
- agregado de concreto
- condicionamento de solos
- reciclo para altos-fornos
- lastro para ferrovias

### 4. Possíveis aplicações dos resíduos, com valor econômico

O esquema abaixo exemplifica alguns tipos de aplicações dos diversos resíduos mencionados.

### 8- possíveis usos econômicos de resíduos



4. Desenvolvimento e impactos ambientais | 161

A seguir, é apresentada uma tabela (2) correlacionando os diversos tipos de resíduos e suas possíveis aplicações.

**Tab 2- correlação entre tipo de residuo e uso económico ambientalmente adequado**

resíduo intermediários	usos finais	biogás	carvão	densificação	energia	gaseificação	compostos	constr. civil	ind. química	agricultura	etanol	compostagem	biodiesel	algas
biomassa agrícola	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
biomassa florestal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
biomassa de rsu	X	X	X	X										
biomassa de esgoto	X	X	X											
oleos residuais													X	
vinhaga	X													X
gás carbónico									X	X				
pirita	X								X	X				
fostogesso									X	X	X			

#### **4.1. Biogás (fermentação anaeróbia)**

Existe uma ampla possibilidade, ainda pouco explorada, de se utilizar os mais diversos resíduos de biomassa na geração de metano por processos de fermentação anaeróbia, como indica a tabela acima (cinco diferentes tipos de resíduos). Essa tecnologia é consolidada e de domínio no país. Embora no passado (década de 1980) os governos tenham procurado difundir o uso de biodigestores em áreas rurais e na geração descentralizada, o resultado prático foi muito aquém do esperado. Os benefícios são inequívocos, pois além da simplicidade de se gerar energia elétrica por meio de pequenos geradores estacionários, há uma aplicação importante na substituição de lenha em fogões domésticos, minimizando o uso de lenha nativa e inclusive os danos causados à saúde pela inalação de alcatrões e gases poluentes em fogões domésticos mal projetados, com tiragem inadequada.

No cenário atual de mudanças climáticas e de preços de petróleo e derivados crescentes seria oportuno reconsiderar esses usos. Outro potencial análogo ao dos resíduos rurais é representado pela biomassa disponível em fontes urbanas, em especial resíduos sólidos orgânicos e efluentes de esgotamento sanitário. Essas fontes tem sido muito utilizadas em outros países, principalmente na China. Em 2005, aquele país já dispunha de 17 milhões de biodigestores instalados, gerando 6,5 bilhões de m<sup>3</sup> de biogás, para uso de 50 milhões de pessoas, principalmente na área rural. Planejam atingir uma produção de 25 bilhões de m<sup>3</sup> em 2020. A cidade de Mianzhu destina 98% de seus esgotos para um sistema de biodigestores de 10 mil m<sup>3</sup> (13).

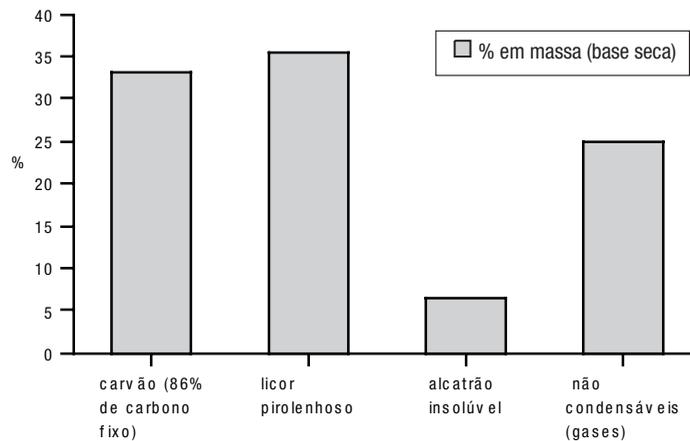
#### **4.2. Carvão vegetal**

Segundo estudos do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (UFPA), o desmatamento não autorizado fornece 57,5% da madeira que alimenta os fornos das carvoarias, pois a produção dos 3,5 milhões de toneladas de carvão vegetal consumidas pelo setor siderúrgico brasileiro requerem um volume de 22,2 milhões de m<sup>3</sup> de toras de madeira, muito superior aos 9,4 milhões de m<sup>3</sup> autorizados pelo IBAMA (14).

A região de Carajás, no Pará, é um dos principais centros produtores de ferro gusa. Exporta 6 milhões de ton/ano e possui um total de 1.500 carvoarias, sendo que foram fechadas 316 que cometiam infrações ambientais e trabalhistas. A Companhia Vale do Rio Doce, maior produtora de minério de ferro do mundo, anunciou que deverá interromper o fornecimento de minério para dois

fabricantes do Pará que violam as leis ambientais e trabalhistas. Assim, no Brasil, o uso de carvão vegetal é em grande parte apoiado em um cenário de ilegalidade e desperdício, em especial nas regiões que não dispõem de florestas plantadas.

Estudo publicado pelo MCT/ PNUD (15) analisa as emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal. Segundo esse estudo, experimentos de laboratório revelaram que a carbonização de *Eucalyptus grandis* resulta nos seguintes produtos e efluentes:



O licor pirolenhoso é composto de água, ácido acético, ácido fórmico, metanol e alcatrão solúvel. Esses compostos químicos podem ser comercializados – em especial o metanol, cujo desperdício atual atinge 200 mil ton/ano – e substituir o metanol de origem fóssil importado que é usado na esterificação de óleos vegetais para produção de biodiesel. O licor pirolenhoso, de caráter ácido, pode ser neutralizado com cinzas e usado como fertilizante natural.

**Composição (% em massa)  
dos não-condensáveis  
da carbonização de eucalipto**

hidrogênio	0,63
monóxido de carbono (co)	34,0
metano	2,43
etano	0,13
dióxido de carbono (co <sub>2</sub> )	62,0

O alcatrão insolúvel, rico em cresóis, tem efeito germicida e pode ser utilizado na formulação de defensivos agrícolas naturais, de grande potencial na agricultura orgânica. Nos casos em que não se pretenda agregar valor, pode ser queimado para geração de energia. Quanto aos condensáveis, a tabela 3 ao lado indica a sua composição média.

Depreende-se dessa tabela que os não condensáveis têm parcela importante de produtos de combustão parcial com conteúdo energético que poderia ser aproveitado. Contudo, o contexto atual não poderá ser revertido enquanto a produção de carvão vegetal ocorrer em fornos rudimentares, em áreas remotas, sem tecnologia adequada e com liberação total dos voláteis para a atmosfera, infringindo a legislação ambiental, sem mencionar os problemas trabalhistas recorrentes.

### 4.3. Densificação da biomassa

O processo de briquetagem é uma das formas de densificação da biomassa residual, permitindo um crescimento da densidade até cinco ou seis vezes, aumentando seu conteúdo energético e diminuindo os custos de transporte. Sua forma homogênea também facilita a alimentação dos equipamentos industriais, eliminando os problemas associados à heterogeneidade da biomassa original.

Segundo Felfli e colaboradores (16,17), a torrefação é um estágio inicial da carbonização que se desenvolve entre 250°C e 300 °C, ou seja, na fase endotérmica da pirólise. Ocorre degradação da hemicelulose, sendo removida a umidade, ácido acético, frações de fenol e outros compostos de baixo poder calorífico.

A tecnologia de torrefação tem um potencial interessante para a realidade brasileira, por representar um processo de baixo custo e economicamente competitivo, principalmente adequado à pequena e média escalas de produção. Seria uma alternativa intermediária entre os fornos de alvenaria para produção de carvão e os processos mais sofisticados de retortas de carbonização contínua e pirólise a altas pressões.

Pode ser aplicada a briquetes de resíduos de madeira ou agroindustriais como bagaço e palha de cana, casca de arroz, café etc.

Algumas características importantes da biomassa torrefeita e comparações com os produtos crus são:

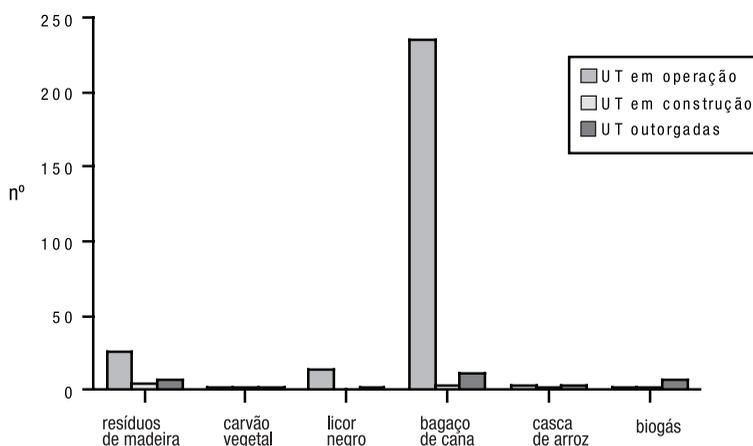
- poder calorífico final entre 23 a 24 MJ/ kg;
- conteúdo energético do produto torrefeito corresponde a 80% da energia inicial, enquanto o carvão retém apenas 50%.
- caráter hidrófobo da biomassa torrefeita (umidade de equilíbrio de cerca de 3%).
- pouca diminuição da sua resistência mecânica;
- menor friabilidade, reduzindo as perdas por geração de finos;
- maior resistência a pragas;

Quanto à terceira característica (hidrofobicidade), experimentos da UNICAMP demonstraram que briquetes torrefeitos permanecem inalterados quando imersos em água, enquanto que briquetes crus se desintegram em poucos minutos.

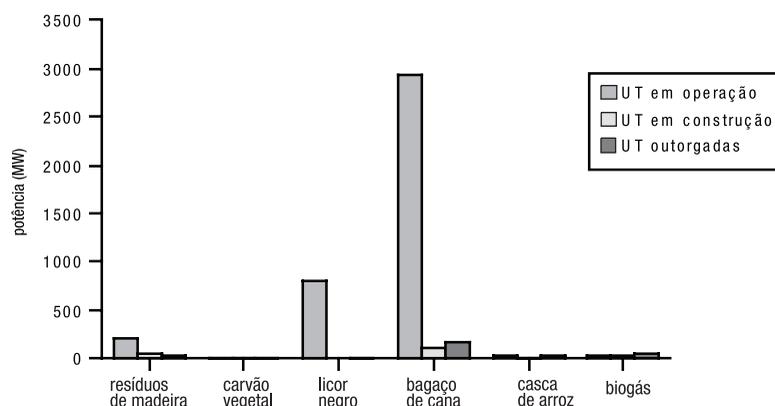
#### 4.4. Geração de energia com biomassa residual

Os gráficos a seguir representam as usinas térmicas que estão operando no Brasil usando biomassas diversas. Observa-se que tanto em número de usinas como em potência, o cenário é fortemente dominado por bagaço de cana como matéria-prima. O fraco desempenho dos resíduos de madeira, a despeito de sua grande disponibilidade, está relacionado ao desperdício. A participação das usinas a licor negro evidencia um bom desempenho das indústrias de celulose e papel no uso racional desse resíduo.

**10 - Número de usinas térmicas a biomassa**



**11 - Potência das usinas térmicas a biomassa**



#### 4.5. Gaseificação

A gaseificação representa uma situação intermediária entre a combustão e a pirólise, pois a transformação da biomassa conduz à conversão completa em gás, mas a combustão é incompleta. Assim, resulta um gás rico em monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>). É inevitável a formação de teores expressivos de CO<sub>2</sub>, que podem ser reduzidos, por exemplo, por técnicas como a injeção de H<sub>2</sub> de outras fontes que permitem a transformação de parte do gás carbônico em uma mistura de hidrocarbonetos. A umidade da biomassa também atua como fonte de H<sub>2</sub> pela decomposição da água às altas temperaturas prevalentes.

A gaseificação tem grande potencial para a indústria química – o gás resultante, além de uso energético, também tem grande potencial como matéria-prima para a indústria química, constituindo-se em um gás de síntese de origem renovável (biosyngas). A gaseificação de combustíveis fósseis como carvão, turfa e xisto produzem um gás de síntese não-renovável de composição semelhante, diferindo principalmente nas impurezas.

Um uso de grande potencial futuro é a produção de diesel renovável pela polimerização do gás de síntese pelo processo Fischer-Tropsch. Já existem plantas comerciais a partir de gás natural e de carvão mineral. O processo BTL (a partir de biomassa) existe em escala piloto em diversos países.

#### 4.6. Compósitos e aglomerados

Os compósitos são compostos por dois ou mais materiais diferentes, de modo que as propriedades resultantes sejam melhores das que as dos componentes individuais. Em geral, são formados por uma matriz (fase contínua) e uma fase dispersa.

Os compósitos apresentam diversas vantagens (18):

- maior resistência à umidade e deteriorização ambiental;
- resistência a pragas e insetos;
- podem ser extrusados em formatos diversos;
- apresentam maior estabilidade dimensional;
- resistência ao empenamento e trincas;
- menor custo de manutenção de rotina;
- maior durabilidade em ambientes agressivos, como marinas e piscinas;
- são totalmente recicláveis e imitam a madeira em aspecto;
- dispensam o uso de proteção superficial, como tintas e vernizes.

Um dos exemplos de uso de madeira em compósitos é na produção de painéis MDF (medium density fiberboard) em combinação com polímeros termofixos, como ureia, fenol, melanina-formaldeído e isocianatos (19).

A utilização de farinha ou fibra de madeira como carga em termoplásticos também é conhecida desde a década de 1970 pela indústria automobilística, que emprega compósitos de polipropileno com farinha de madeira (*woodstock*).

OBS: os polímeros termoplásticos são aqueles que amolecem e podem ser moldados ou mesmo fluir quando aquecidos. Diferem dos termofixos pela presença de ligações químicas cruzadas entre cadeias de polímeros.

#### 4.7. Materiais de construção civil

Nos Estados Unidos, o mercado de compósitos celulósicos com materiais termoplásticos de aplicação no mercado de construção civil teve um aumento de cerca de 300% entre 1990 e 2000, e desde então vem crescendo a uma taxa de 15% ao ano.

Pesquisadores da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina propõem a utilização de pó de serra como agregado miúdo, em substituição à areia, na produção de blocos de concreto, e também como elemento de vedação e enchimento de lajes (20).

Essa alternativa, além de permitir o aproveitamento adequado do resíduo, reduz os impactos associados à extração mineral de areia ou da argila (recursos não-renováveis) – sendo a última a principal alternativa para produzir cerâmica para enchimento das pré-lajes – e ao consumo de energia na indústria cerâmica.

Os materiais produzidos têm menor peso, além de serem isolantes térmicos (3,5 mais isolantes do que o concreto convencional) e melhoram a isolamento acústica, sendo muito superiores nesse quesito aos revestimentos convencionais (alvenaria lisa, cortiça etc.).

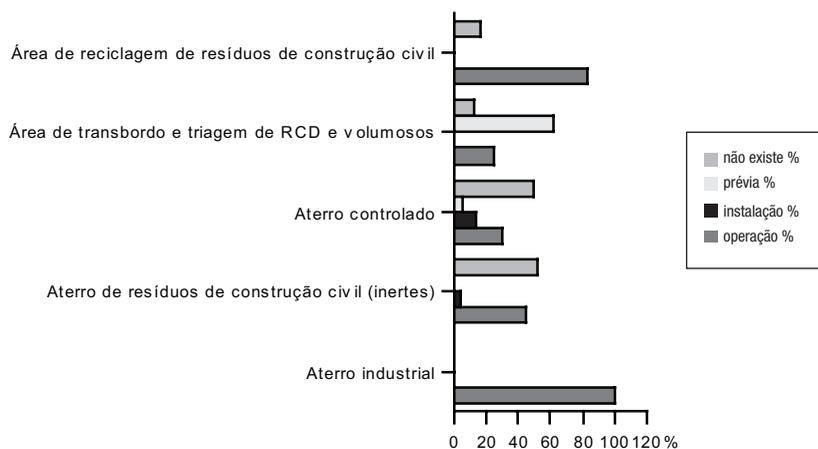
Essa aplicação tem ainda o benefício indireto de conduzir a uma arquitetura ambientalmente mais adequada, com redução de gasto de energia com ventiladores e equipamentos de ar condicionado.

Com a crescente restrição ao uso de amianto, os resíduos de madeira encontram ainda uma aplicação possível em compósitos tipo fibrocimento, como caixas de água e telhas.

O gráfico 11 ilustra a disposição inadequada de resíduos industriais e resíduos de construção e de demolição (RCD), quanto à existência de licenciamento (SNIS,

2005). Observa-se que a disposição final em aterros é relevante, de modo que deve-se estabelecer políticas de incentivo à reciclagem desses materiais.

## 12 - Destinação e licenciamento de RCD e industriais



### 4.8. Produtos químicos

#### • derivados da biomassa *in natura*:

1. serragem: uma aplicação interessante foi desenvolvida pela Universidade Federal de Caxias do Sul para sintetizar espumas de poliuretano. O processo envolve a liquefação do resíduo com hidróxido de sódio e uma transformação enzimática posterior;
2. gás de síntese: rico em monóxido de carbono e hidrogênio, além do uso energético se presta como matéria-prima para uma série de produtos químicos, como metanol, acetileno, etileno etc.;
3. óleo diesel, gasolina e ceras: podem ser obtidos a partir do gás de síntese pelo processo Fischer-Tropsch;
4. acetato de celulose: é um éster produzido pela reação da celulose de polpa de madeira com ácido e anidrido acéticos. É usado na indústria têxtil (celanese) e também na produção de filtros de grande absorção, como filtros de cigarro, lingerie, vestidos, forros e filtros. Uma de suas vantagens é a hipoalergenicidade e resistência a mofo. Recentemente, pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia demonstraram a viabilidade de sintetizar esse produto a partir de bagaço de cana, substituindo pastas de celulose importadas;

5. celofane: sintetizada a partir do acetato de celulose e da viscosa (rayon);
6. glicose, por hidrólise ácida ou enzimática;
7. derivados da glicose, como etanol, ácido láctico e outros;
8. derivados diversos da hemicelulose (açúcares, furfural, xilose, manose etc.);
9. derivados químicos da lignina (excluindo rota de pirólise): fenol, vanilina, lignina oxidada, metanol.

Nos Estados Unidos e na Europa, os subprodutos do carvão vegetal, (alcatrão e licor pirolenhoso) foram usados até algumas décadas atrás na produção de substâncias químicas, como metanol, o ácido acético e acetatos, sendo substituídos por rotas petroquímicas. Portanto, existe tecnologia para implementar essas linhas biorrenováveis no Brasil, que se mantém como um grande produtor de carvão vegetal.

O potencial de produção brasileira de alcatrão é de até 2 milhões de toneladas por ano, dependendo das melhorias na tecnologia de carbonização e na de recuperação de subprodutos.

Em Minas Gerais, cujo parque siderúrgico absorve 70% da produção de carvão vegetal do país, a empresa V & M Tubes do Brasil, situada em Curvelo, é a única do Estado que promove o tratamento do efluente volatilizado na produção do carvão vegetal. Para aproveitar parte do efluente resultante, foi instalada a empresa Biocarbo Indústria e Comércio em local vizinho.

O potencial de uso do licor pirolenhoso na agricultura é de há muito conhecido no Japão, e esse conhecimento foi difundido no Brasil por produtores de origem nipônica da Associação de Produtores da Agricultura Natural (APAN), de São Paulo. O licor pirolenhoso, quando diluído em água, atua como um bioestimulante em culturas como soja e café e na fruticultura (laranja, caqui, maracujá etc). Esse extrato é ainda eficaz para a saúde e a boa produtividade das culturas orgânicas, sem a aplicação de agrotóxicos. Na cultura do feijão irrigado, o produto elimina a presença do fungo “fusarium”, e na do café controla a larva do “bicho mineiro” – nesse caso, é 40% mais barato do que os métodos convencionais (21).

O subproduto insolúvel da pirólise é o alcatrão de madeira, uma mistura de guaiacol, creosol e outros componentes fenólicos.

• **derivados químicos do bio-óleo (subproduto da pirólise):**

1. aditivos e aromas para alimentos como alilsiringol (US\$ 1.000/ kg), siringaldeído, siringol (US\$ 400/ kg);

2. uso dos compostos fenólicos como substitutos do fenol petroquímico em resinas formol- formaldeído;
3. fibras curtas de carbono ativado para filtros de tratamento de água;
4. produção de creolina, desinfetante de comprovada ação bactericida sobre diversos microorganismos, como *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Listeria* e *Escherichia coli*, de grande eficácia como desinfetante doméstico e de instalações pecuárias e no tratamento de miíases (bicheiras);
5. bio-peche residual da destilação do bio-óleo pode ser usado como ligante em eletrodos.

• **derivados do licor pirolenhoso**

1. defensivos agrícolas;
2. ácido acético;
3. metanol;
4. cresóis;
5. fenóis;
6. fertilizante resultante da combinação do licor pirolenhoso com as cinzas do processo, aumentando seu efeito positivo como pela incorporação do potássio.

Uma revisão mais abrangente da valorização integral da biomassa é apresentada por Maria A. Z. Coelho (22).

#### **4.9. Etanol celulósico**

Como hoje em dia parte da biomassa residual das usinas de produção de açúcar e álcool é desperdiçada, muitas vezes sendo queimada a céu aberto, muitas pesquisas estão sendo direcionadas para o denominado etanol celulósico. Essa linha tem grande interesse para os países desenvolvidos, que dispõem de quantidades importantes de resíduos madeireiros.

Uma vez que qualquer biomassa vegetal é composta de quantidades variáveis de celulose, hemicelulose e lignina em percentuais variáveis, a base do processo é tentar hidrolisar, seja por via química ou enzimática, as duas primeiras, que consistem em polímeros de açúcares, primeiramente a amido e a seguir a açúcares livres (forma em que se encontra naturalmente a sacarose da cana), conduzindo o hidrolisado final a uma fermentação convencional. Uma vantagem dos processos fermentativos é o baixo nível de temperatura e pressão requerido

no processo, em contrapartida a uma das principais desvantagens, que é a de se tratar de um processo intensivo no uso de recursos hídricos e na geração de efluentes aquosos.

A lignina residual consiste de hidrocarbonetos cíclicos não-fermentescíveis, e também pode ser usada na geração de energia.

#### 4.10. Compostagem

Segundo Carvalho e col. (23), a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana da oxidação e oxigenação de matéria orgânica sólida úmida, envolvendo:

- fase criófila (temperatura menor do que a ambiente, devido à evaporação da umidade);
- fase mesófila inicial (aumento da temperatura);
- fase termófila (temperatura mais elevada);
- fase mesófila final;
- cura (maturação), quando a temperatura iguala a do ambiente.

Na fase final de maturação ocorre a mineralização de alguns componentes da matéria orgânica; ao longo do processo ocorre liberação de calor e de gás carbônico, passando-se de uma relação C/N elevada para uma relação C/N baixa. A aplicação direta de materiais com C/N elevada pode prejudicar o desenvolvimento inicial das plantas, uma vez que os microorganismos utilizam o N do solo para decompor a matéria orgânica, elemento carente nesse material.

Quase todo tipo de material de origem vegetal ou animal pode ser incluído no composto, mas deve-se evitar madeira tratada e insumos que tenham recebido aplicações de herbicidas. Como regra simplificada, a quantidade de material fibroso deve ser três vezes maior do que a de esterco. Pode-se adicionar termofosfato, cinzas, tortas, farinha de ossos etc. (24). A regulamentação da Lei nº 10.831, de 2003, que legisla sobre a produção de agricultura orgânica, prevê apenas o uso de resíduos de origem legalizada.

Em 2002, foram publicados estudos sobre o uso de resíduos de fábricas de celulose e papel. Foram misturados resíduos de saneamento urbano (lodo ativado), cascas de eucalipto moídas (ácida), resíduos da fábrica (alcalinos) e nutrientes diversos. Foi possível viabilizar o aproveitamento de todos os resíduos gerados pela indústria Votorantim, reciclando o material compostado para a área florestal da empresa (23).

Assim, a atividade de compostagem permite excelentes oportunidades para gestão ambiental adequada de resíduos diversos, como resíduos sólidos urbanos que podem ser incorporados a resíduos florestais, industriais e outros, atendendo a peculiaridades regionais, disponibilidade e estratégias de produção e distribuição para uso final em atividades agrícolas, jardins públicos e particulares em áreas urbanas, florestais etc.

#### **4.11. Biodiesel a partir de óleos residuais**

Com a recente demanda por biodiesel, deve-se explorar a possibilidade de produzi-lo a partir de óleos vegetais e animais residuais, bem como da parcela desses produtos que, por falta de reciclagem, acabam atingindo a rede de esgotamento sanitário e dificultando o seu tratamento.

O uso em biodiesel da parcela de óleos usados que já atingiu a rede de esgotos é uma possibilidade concreta que vem sendo estudada por diversos países, se bem que não conhecemos ainda aplicação em grande escala. De acordo com os dados de Pereira Lima e Oliveira (5), 10% da matéria orgânica contida no esgotamento sanitário é constituída por óleos, o que indica um potencial de 375.000 mil ton/ano atualmente desperdiçados, significativos em comparação ao volume de biodiesel necessário para substituir 2% do diesel fóssil (800 mil m<sup>3</sup>/ano).

Um exemplo bem sucedido do uso de óleo vegetal residual é a síntese de biodiesel a partir de óleo usado em frituras, que pode ser recolhido de redes de restaurantes e também a partir do uso residencial, desde que se criem programas de incentivo à sua reciclagem. Há disponibilidade ainda de tortas industriais contendo óleo residual do processo de esmagamento de grãos.

As gorduras animais residuais estão disponíveis em matadouros e curtumes, e podem fazer parte de misturas destinadas à produção de biodiesel, com o diferencial de, por terem maior participação de ácidos graxos saturados, diminuir o índice de iodo da mistura e a instabilidade características de óleos mais insaturados, permitindo adequar o produto às especificações requeridas.

O aumento da industrialização da soja no país permitiria ainda atingir uma substituição de 10% do diesel fóssil sem aumento da área plantada.

#### **4.12. Cultivo de algas a partir de efluentes aquosos**

Recentemente, o cultivo de algas tem recebido atenção em diversos Centros de Pesquisa, dada à sua grande capacidade de produção por hectare e à existência inclusive de espécies típicas tanto de água doce como de água salgada, algumas

das quais, inclusive, ricas em óleos similares aos produzidos por vegetais superiores.

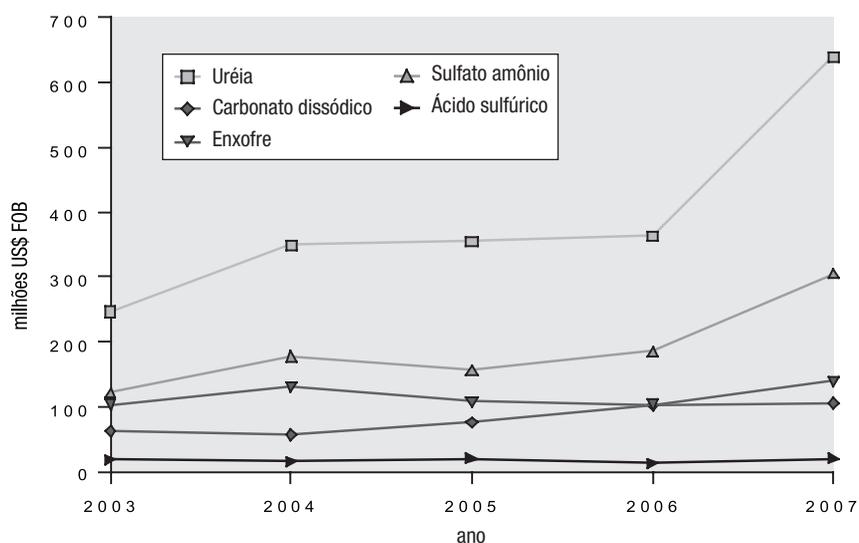
Existe potencial futuro fantástico em se conciliar esse potencial com a disponibilidade de resíduos de biomassa em meio aquoso, como esgotos e vinhaça. No caso das usinas, a disponibilidade da vinhaça também coincide com a existência de  $\text{CO}_2$  residual, que poderia ser usado para aumentar a fotossíntese em sistemas fechados.

### 5. Substituição de importações

Algumas possibilidades mencionadas são excelentes para substituição de importações de produtos químicos que contribuem para o crescente déficit da balança comercial brasileira. Tratam-se de produtos estratégicos, que, em muitos casos, são produzidos por outros países a partir de resíduos, por meio de tecnologias consolidadas.

O gráfico abaixo apresenta a evolução do valor das importações de ureia e de carbonato dissódico, que poderiam ser parcialmente produzidos a partir de  $\text{CO}_2$  residual e de enxofre e, ainda, de ácido sulfúrico e sulfato de amônio, esses últimos possíveis derivados da pirita. Como se observa, em especial no período 2006 a 2007, a dependência externa aumentou. Dados não apresentados indicam que, no geral, houve aumento no consumo e também, de modo mais acentuado, nos preços.

### 6. Conclusões e recomendações



Conclui-se que existem amplas possibilidades no Brasil de associar a recuperação ambiental à valoração econômica e à destinação adequada de resíduos diversos, mas que só serão efetivas com a implementação de políticas estruturantes para os diversos setores envolvidos. Com esse objetivo, recomenda-se:

- Aprimorar os mecanismos de fiscalização e controle das atividades impactantes do meio ambiente;
- Resgatar, no âmbito do Governo Federal, a proposta de elaboração de um Programa Brasileiro de reciclagem (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 1998) que tencionava estabelecer diretrizes que permitiriam incrementar e valorizar a utilização, como matérias-primas, de resíduos industriais, minerários e agropecuários;
- Estabelecer políticas para casos específicos, como os resíduos de pirita, criando pólos regionais e deslocando importações de enxofre e fertilizantes derivados (vide 3.1 e 3.2);
- Ainda no âmbito do Programa Nacional de Reciclagem, estabelecer estímulos para a criação de um Parque Industrial Nacional Reciclador (Ministério de Ciência e Tecnologia).
- Implementar, logo após a tramitação e aprovação, no âmbito do Senado Federal, da Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Aumentar a capacidade de inovação das empresas brasileiras no uso e gestão de resíduos de potencial econômico na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), lançada em março de 2004;
- Estabelecer políticas de diversificação industrial e de agregação de valor, contribuindo para a redução do déficit da balança comercial brasileira.

#### **Referências:**

1. Programa Nacional de Agroenergia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2005.
2. Resíduos da Indústria Moveleira. NAHUZ, M. A. R.- Div. Produtos Florestais, IPT. III Seminário de Produtos Sólidos de Madeira de Eucalipto e Tecnologias Emergentes para a Indústria Moveleira, Vitória, ES, 2005.
3. Gestão de Resíduos no Brasil: uma visão geral. ABRELPE, 2007 [www.senado.gov.br/web/comissoes/cma/ap/AP\\_20070827\\_Marcos\\_Regulatorios%20.pdf](http://www.senado.gov.br/web/comissoes/cma/ap/AP_20070827_Marcos_Regulatorios%20.pdf) ABRELPE
4. O lixo e o meio ambiente. Panorama internacional. <http://www.usinaverde.com.br>

5. Águas residuárias. PEREIRA LIMA, M. R. e OLIVEIRA, M. D. [www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=efluentesliquidos](http://www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=efluentesliquidos)
6. The First U. S. Patent. PAYNTER, H. M. Invention & Technology, Fall, 1990.
7. Atividade minerária no sul de Santa Catarina: Impactos ambientais decorrentes da exploração do carvão. CORRÊA, J. cme atividademinerararia.doc, fev. 2007
8. Fosfogesso: Aplicações e impacto ambiental. SILVA, N. C. I GERA – Workshop de Gestão de Energia e Resíduos na Agricultura; Tecnologias para Eficiência. Pirassununga, SP, maio 2005.
9. IBS. Processo Siderúrgico. [http://www.ibs.org.br/siderurgia\\_processo\\_siderurgico.asp](http://www.ibs.org.br/siderurgia_processo_siderurgico.asp)
10. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. ÂNGULO, S.C., ZORDAN, S.E. e JOHN, V.M. [www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV\\_CT206\\_2001.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_CT206_2001.pdf)
11. Geração de resíduos. OLIVEIRA, J. R. [www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=2- Dados de geracao de Residuos.pdf&idCliente=133](http://www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=2-Dados%20de%20geracao%20de%20Residuos.pdf&idCliente=133)
12. Ações institucionais da siderurgia brasileira para disseminação do uso de escória de aciaria. YUAN, M.C. Seminário sobre Escória de Aciaria, Vitória, ES, julho 2003.
13. Biogas China. Institute of Science in Society. <http://www.isis.org.uk/biogaschina.php>
14. Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia. MONTEIRO, M.A. [www.naea-ufpa.org/revistaNCN/ojs/viewarticle.php?id=87](http://www.naea-ufpa.org/revistaNCN/ojs/viewarticle.php?id=87)
15. FERREIRA, O. C. Emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal. MCT /PNUD , <http://ecen.com/eee20/emiscarv.htm>
16. Torrefação de biomassa: Características, aplicações e perspectivas. FELFLI, F.E.F., LUENGO, C.A., SOLER, P.B. Anais 3 ° Encontro de Energia no Meio Rural, Setembro de 2000
17. Tecnologias de conversão da biomassa. Capítulo X- pirólise e torrefação de biomassa. LUENGO, C.A., FELFLI, F.E.F., BEZZON, G.
18. Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose. CALDAS E SILVA, A. Dissertação de Mestrado, Eng. Civil, EPUSP, SP, 2000.
19. Compósitos termoplásticos com madeira. CORREA, C. A. et. al. Polímeros: ciência e tecnologia, vol. 13, nº 3, pag. 154-165, 2003

20. Pesquisador transforma resíduos de madeira em blocos de concreto. [www.reciclaveis.com.br](http://www.reciclaveis.com.br), 3, 2005

21. Tecnologia transforma alcatrão em fertilizantes e alimentos. [http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia\\_160802\\_4.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia_160802_4.htm)

22. Valorização integral da biomassa. COELHO, M.A.Z., Escola de Química, UFRJ. [www.eq.ufrj.br/biose/nukleo/aulas/Valor%20Res%20Agroind\\_aula%2002.pdf](http://www.eq.ufrj.br/biose/nukleo/aulas/Valor%20Res%20Agroind_aula%2002.pdf)

23. A compostagem como processo catalisador para a reutilização dos resíduos de fábrica de celulose e papel. CARVALHO, A.G.M., VALLE, C.F., GUERRINI, I.A., CORRADINI, L. 35 ° Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel, outubro de 2002, SP

24. Cultivo de Café Orgânico. Anexo 4 – Compostagem. EMBRAPA, CNPTIA.