

## **O Esverdeamento da Economia e as Tecnologias Verdes para os Resíduos: Um duro caminho rumo à sustentabilidade**

*The Greening of Economy and Green Technologies for Waste: a tough path to sustainability*

### **Valeria Almeida Gentil-Nugent**

Doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB) e pelo Departamento de Engenharia e Geografia da Johns Hopkins University (DGEE/USA). Assistente de Pesquisa IV do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA/DISOC

v.gentil@ig.com.br

### **Saulo Rodrigues Pereira Filho**

Doutor em Ciências Naturais (Geoquímica Ambiental) pelo Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Alemanha. Professor do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB)

saulofilhocds@gmail.com

GENTIL-NUGENT, Valeria Almeida; PEREIRA FILHO, Saulo Rodrigues. O Esverdeamento da Economia e as Tecnologias Verdes para os Resíduos: Um duro caminho rumo à sustentabilidade. *FRONTEIRAS: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, Anápolis-Goiás, v.3, n.1, jan.-jul. 2014, p.40-54.

#### Resumo

O esverdeamento da economia é o novo termo de ordem associado ao desenvolvimento sustentável, particularmente após a Conferência Rio + 20. Nos moldes norteadores da economia verde, o objetivo deste artigo diz respeito a um dos setores-chave desta, as tecnologias empregadas para a reciclagem e reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos (RSU). Os procedimentos metodológicos são os de investigação exploratória, pesquisas bibliográfica e documental, e consistem notadamente em sistematizar e interpretar a utilização das diferentes tecnologias para o tratamento dos resíduos no mundo contemporâneo. As principais conclusões da análise são: (1) os principais desafios para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos referem-se ao uso de tecnologias verdes pelo elo mais frágil da cadeia produtiva, os catadores de materiais recicláveis; (2) as tecnologias verdes são identificadas como de alto e de baixo custo; (3) os processos tecnológicos apresentam limitações, portanto não se pode subestimar ou superestimar as suas potencialidades; e, (4) as técnicas de reciclagem e reaproveitamento de RSU precisam ser repensadas de maneira inclusiva.

Palavras-Chaves: Desenvolvimento Sustentável; Economia Verde; Tecnologias verdes; Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

*Abstract*

*The greening of the economy is the new term associated with sustainable development, especially after the Rio +20 Conference. Guiding templates in the green economy, as the purpose of this article relates to one of the key sectors of this, the technologies employed for recycling and reuse of solid waste. The methodological procedures are exploratory, bibliographic and documentary research, and consist mainly in systematizing and interpreting the use of different technologies to treat the waste in the contemporary world. The main conclusions of the analysis are: (1) The challenges for the management of solid waste refer to the use of green technologies by the weakest link in the supply chain or the pickers of the recyclable materials; (2) Green technologies are identified by the highest and lowest cost procedures; (3) Technological processes have limitations, so you can not underestimate or overestimate their potential; (4) The techniques of recycling and reuse of solid waste need to be rethought in an inclusive manner.*

*Keywords: Sustainable Development; Green Economy; Green Technologies; Solid Waste.*

**A**té a década de 1960 os aspectos ambientais não atraíam muita atenção dos meios científicos, tampouco da comunidade empresarial, imperando na economia os princípios clássicos do sistema capitalista cujas metas se referiam, antes de tudo, à maximização dos lucros obtidos e da rentabilidade do capital propriamente financeiro. As questões relacionadas ao meio ambiente eram consideradas, com algumas exceções raras, secundárias por não gerarem, ao menos em primeira análise, proveitos imediatos.

A preocupação com a degradação ambiental, cada vez mais patente após a Segunda Guerra Mundial, surgiu com a publicação do famoso livro *The population bomb*, de Paul Ehrlich (1968), e generalizou-se a partir do tratado *Limites do Crescimento – Clube de Roma* (1972), os quais trouxeram à baila uma visão neomalthusiana dos binômios população *versus* bem-estar dos países, especialmente aqueles em vias de desenvolvimento, e crescimento econômico *versus* qualidade de vida. Primeiro um grupo seletivo de cientistas, depois algumas instituições e empresas conscientizadas no tocante aos problemas ambientais e, por fim, setores inteiros da sociedade passaram a questionar as atividades industriais que levavam toda a humanidade rumo à destruição de seu *habitat* natural. “O que eu estou constatando, é a devastação atual, é o aterrador desaparecimento das espécies vivas, sejam elas vegetais ou animais, e o fato de que, mesmo em razão de sua densidade atual, o gênero humano vive, se posso dizer assim, sob um regime de envenenamento interno... e eu penso na época presente e no mundo em que venho a terminar minha existência. Não é um mundo que amo!” – resumiu a situação do mundo de hoje, cada vez mais

tecnológico e menos humano, o filósofo e antropólogo Claude Lévi-Strauss (France 2, émission spéciale pour la centième de *Campus*, jeudi 17 février 2005). Lançado o sinal de alarme em escala global, a humanidade adquiriu uma nova compreensão do dilema desenvolvimentista que vinha enfrentando.

O conceito de desenvolvimento sustentável entrou em cena. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CHUMAH ou Conferência de Estocolmo, 1972), a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD, conhecida como Rio-92), a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (*Earth Summit*, conhecida com Rio + 10, 2002) e a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (CNUDS, conhecida como Rio + 20, 2012) – citemos apenas os eventos internacionais de maior projeção – enfocaram a perspectiva ecológica que se tem revestido de especial importância no contexto atual.

Entenda-se bem que o ecodesenvolvimento, isto é, o modelo ecologicamente correto do desenvolvimento econômico constitui um dos maiores desafios da humanidade nesse início do Terceiro Milênio. Uma economia verde, pautada pelos princípios de respeito ao meio ambiente e de preservação dos ecossistemas existentes em toda a sua riqueza e diversidade, não é apenas uma possibilidade considerada sob a ótica meramente acadêmica, mas sim um imperativo social que deve direcionar a agenda política em todas as partes do mundo. Trata-se de desenvolver uma economia capaz de vincular os interesses financeiros e tecnológicos aos ecológicos, sem que o bem-estar das nações seja prejudicado com isso. É claro que esse tipo de desenvolvimento econômico enfrentará diversos obstáculos determinados tanto pelas condições objetivas do processo econômico, quanto pelos interesses subjetivos das cúpulas políticas e corporações multinacionais, obstáculos que deverão, não obstante, ser superados. Por mais difícil que se revele, ao longo do tempo, a implantação das tecnologias verdes para os resíduos exigirá a mobilização solidária da humanidade para que seus objetivos vitais sejam alcançados.

## **Tecnologias verdes para os resíduos**

Existem diferentes mecanismos de processamento dos resíduos sólidos (tecnologias térmicas avançadas, digestão anaeróbica da matéria orgânica, gaseificação de plasma, entre outras), passando-se, a seguir, para os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o funcionamento do Mercado de Créditos de Carbono.

O próprio termo “tecnologia” refere-se à aplicação de conhecimentos para fins práticos. As tecnologias verdes englobam um conjunto de técnicas capazes de minimizar o passivo ambiental ou de estimular práticas sustentáveis. Estas técnicas trarão inovações e mudanças no cotidiano das pessoas.

As principais tecnologias para resíduos listadas pelo IPCC (2007) são a recuperação do gás metano dos aterros sanitários, incineração para a produção de energia, compostagem do lixo orgânico, tratamento das águas residuais, reciclagem e minimização do lixo. Ao mesmo tempo, é notório que as possíveis soluções para os resíduos são redução na produção de resíduos sólidos e consumo consciente – educação e conscientização da população, reciclagem e reaproveitamento.

As tecnologias verdes são identificadas como as de alto e de baixo custo. As tecnologias verdes de baixo custo são aquelas passíveis de execução por parte dos indivíduos e grupos sociais como cooperativas e associações de catadores de lixo, por exemplo, a produção de vassouras de garrafas pet, bolsas de lacres de latas de alumínio, bem como empreendimentos solidários. As tecnologias verdes que envolvem maiores custos na implantação dos projetos são: Aterro/digestão anaeróbica; “Waste to energy” (incineração); Compostagem para resíduos orgânicos; Tratamento mecânico-biológico (TMB); Gaseificação de plasma (Gentil 2013). As categorias de impacto ambiental, visualizadas nesse contexto, são: a) depleção de recursos abióticos (DRA), b) acidificação (A), c) eutrofização (E), d) mudanças climáticas (MC), e) toxicidade humana (TH), f) ecotoxicidade (ET), g) formação fotoquímica de oxidantes (FFO), e h) uso do Solo (US).

As cinco tecnologias verdes que serão discutidas a seguir são: Aterro/digestão anaeróbica da matéria orgânica; *Waste to energy* ou incineração; Tratamento mecânico-biológico (TBM); Tecnologias térmicas avançadas (TTA); e, Gaseificação de plasma. Estas tecnologias, a meu ver, revestem-se de utilidade social agregada.

### ***Aterro/digestão anaeróbica da matéria orgânica***

A Digestão Anaeróbica (DA) é um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio livre que ocorre em dois estágios: primeiro a conversão de orgânicos complexos em materiais como ácidos voláteis e depois a conversão destes ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o gás carbônico. A DA em si não é uma coisa nova. O processo de decomposição biológica natural que ocorre na DA tem sido utilizado durante anos pelo mundo afora. Por mais de 100 anos a DA tem sido utilizada para o tratamento de lodo de esgotos; durante as últimas 4 décadas muitas experiências foram feitas com a DA de resíduos líquidos, tais como resíduos rurais e esgotos industriais de altas concentrações. De uma maneira geral, a DA pode ser descrita em quatro estágios: pré-tratamento, a

digestão dos resíduos, a recuperação do biogás e o tratamento dos resíduos. Dentro do digestor, a massa é diluída para obter o conteúdo de sólidos desejado e permanece no interior do reator por um determinado tempo de retenção. O biogás obtido com a DA é purificado e armazenado em gasômetros.

A utilização da tecnologia da DA está diretamente atrelada ao custo e à disponibilidade de energia. Nos países industrializados, o custo relativamente baixo da energia fez com que até recentemente a compostagem aeróbica e o aterro sanitário fossem as tecnologias mais utilizadas. No Brasil esse processo tem sido utilizado nas grandes indústrias de produção de álcool da cana-de-açúcar. Já para resíduos sólidos, as experiências com a fração orgânica são muito menos extensivas.

O crescimento da implantação de plantas de DA na Europa nos últimos 5 anos é resultado da necessidade do tratamento dos resíduos orgânicos antes de sua disposição em aterros. Além disso, a demanda por energia renovável que é gerada nestas plantas, aliada a vários outros benefícios ambientais, também estimula o mercado da digestão anaeróbica. Embora as unidades de DA requeiram um custo de investimento até 20% superior ao das plantas de compostagem na Europa, estudos afirmam que, com a valorização da energia renovável, a DA pode tornar-se mais viável que a compostagem convencional. Além dos custos de implantação, os principais fatores que influem na viabilidade econômica da DA de resíduos são os custos de disposição final em aterros sanitários, o valor da energia renovável e, no caso do Brasil ou de outros países em desenvolvimento, a possibilidade de comercialização de créditos de carbono Chernicharo (1997); Reichert and Silveira (2005).

As principais vantagens da DA são: o aumento da vida útil dos aterros sanitários; a retirada da fração orgânica dos RSU, que é a fração resultante em odores desagradáveis e geração de lixiviados de alta carga nos aterros sanitários; a coleta potencial de todo o biogás gerado (em aterros o índice de recuperação é de 30% a 40%); a minimização da emissão de gases que aumentam o efeito estufa (CH<sub>4</sub> é 23 vezes maior que o CO<sub>2</sub>); geração de produtos valorizáveis – biogás (energia e calor) e composto (Braber 1995). Quanto às desvantagens, Braber (1995) considera os seguintes fatores: a natureza (composição) dos resíduos pode variar dependendo da localização (zona de geração) e da estação do ano; a mistura ineficiente de RSU e lodo de esgoto afetam a eficiência do processo; podem ocorrer obstruções de canalização por pedaços maiores de resíduos, principalmente em sistemas contínuos.

No caso específico do Brasil, observa-se que as taxas para destinação final da ordem de R\$40,00 por tonelada de lixo, pagas por algumas Prefeituras de São Paulo, combinadas com os créditos de carbono provenientes do metano evitado, viabilizam aterros sanitários modernos com

aproveitamento energético do biogás (50% metano e 50% gás carbônico) gerado pela decomposição anaeróbica da fração orgânica do lixo. Esta solução, embora melhor do que a utilização dos lixões, está longe de ser a mais adequada do ponto de vista ambiental, tanto é que sua adoção foi banida dos países da Comunidade Europeia. Nestes países o objetivo é a contínua redução da matéria biodegradável até a sua proibição total por volta de 2020. Países como a Alemanha, por exemplo, já se anteciparam, implantando a proibição total desde 2005.

### ***Waste to energy ou incineração***

A incineração é uma tecnologia de tratamento de resíduos sólidos realizada pela queima de lixo produzido. Segundo Oliveira, Reis and Pereira (2000), a incineração é o aproveitamento do poder calorífico do material combustível presente no lixo mediante a sua queima para geração de vapor. É aconselhável o uso de resíduos de maior poder calorífico como plásticos, papéis, etc.

Um dos problemas para a adoção desta tecnologia em países em desenvolvimento é o seu alto custo. As mais modernas usinas lixo-energia (*Waste-to-Energy*), incluindo a maior do mundo em Amsterdam processando 4.500 ton/dia de RSU, empregam caldeiras de níquel que devem ser trocadas a cada dois anos, ou até menos, tornando muito elevados os custos de capital e operação. Outro problema, visto como exemplo de insucesso de incineração, foi o que ocorreu na cidade de Reggio na Itália. Após o envenenamento que ocorreu na cidade com substâncias tóxicas provenientes da incineração, as indústrias poluidoras foram legalmente obrigadas a controlar e a conter a emissão de seus resíduos tóxicos e derivados. A luta contra os poluidores contou com a participação da comunidade no sentido de forçar as empresas poluidoras, de maneira geral, a limpar suas atividades e, conseqüentemente, a utilizar tecnologias adequadas para a proteção ambiental. Isto mostra o perigo e as limitações do uso de diferentes tecnologias para a minimização dos resíduos. Uma tecnologia mal empregada pode se transformar num problema de saúde pública. A poluição industrial ou a exposição a agentes cancerígenos resultam em moléstias como o mesotelioma, mieloma múltiplo, leucemia, doenças relacionadas ao amianto e outros problemas graves de saúde. O Instituto Nacional de Câncer (INC ou NCI) italiano estima que a incidência de câncer possa ser reduzida entre 80-90% se as causas ambientais, inclusive a presença de radiação, agentes infecciosos, substâncias nocivas no ar, água e solo forem combatidas.

### ***Tratamento mecânico-biológico***

O sistema de Tratamento mecânico-biológico (TMB) é um método de tratamento de resíduos que combina processos de triagem com os de tratamento biológico, tais como compostagem ou digestão anaeróbica. As instalações de TMB são projetadas para processar diversos tipos de resíduos domésticos, assim como resíduos comerciais e industriais.

Os conceitos compostagem e tratamento mecânico-biológico são, frequentemente, empregados paralelamente, porque para ambos os procedimentos podem ser utilizadas técnicas muito semelhantes. Porém, eles se diferenciam, especialmente, em relação aos seus objetivos. O objetivo principal da compostagem, por exemplo, é a elaboração de um produto comercializável e de alta qualidade para o melhoramento do solo. No caso do tratamento mecânico-biológico, o objetivo é a minimização do ônus ambiental ligado à disposição dos resíduos com a estabilização em grande escala.

O TMB de resíduos consiste, basicamente, nas seguintes etapas: entrega dos resíduos e controle do material de entrada, preparação mecânica, tratamento biológico e incorporação final dos resíduos tratados ao aterro. Observe-se que há várias possibilidades de maquinário e procedimentos de tratamento mecânico-biológico, que podem ser combinadas entre si conforme o condicionamento local e os objetivos impostos para o gerenciamento dos resíduos. Assim, há instalações que funcionam com equipamento técnico simples e procedimentos extensivos, ou seja, procedimentos com um baixo nível de automação e sofisticação nas técnicas processuais e de construção (GTZ, 2003).

Na Alemanha existem atualmente cerca de 25 centrais que processam os resíduos sólidos urbanos por meio do tratamento mecânico-biológico. A capacidade dessas centrais varia entre 6000 toneladas/ano e 150.000 toneladas/ano, e os custos operacionais oscilam entre 20 DM/toneladas a 90 DM/toneladas. Tendo como base o conceito de depósito de maturação, no Brasil existem aproximadamente 7 centrais de tratamento mecânico-biológico com custos operacionais variando entre 5 e 14 DM/toneladas. Unidades similares também são operacionalizadas no Japão, Malásia, Iraque, Áustria, Suíça e Cuba.

Instalações para tratamento mecânico-biológico de resíduos podem funcionar de maneira econômica, ainda que em quantidades menores, fato que o destaca das demais tecnologias. Os custos de investimento de um tratamento mecânico-biológico de resíduos são, normalmente, várias vezes inferiores aos de uma incineradora de lixo. Além disso, dentro de certos limites, o nível de processamento técnico e, com isso, o nível dos custos de investimento, podem ser determinados pelo próprio executor do projeto, sem que isso cause, necessariamente, prejuízos aos resultados fundamentais do tratamento. Por essas razões, o tratamento mecânico-biológico de resíduos pode ser considerado uma alternativa mais econômica e, tecnicamente, mais simples do que a incineração (GTZ, 2003). Na Europa e no Japão as Prefeituras pagam às empresas receptoras de resíduos cerca de R\$ 250,00 ou mais por tonelada de lixo, para que estas lhes deem destinação final adequada. No Brasil, tendo em vista o seu cenário econômico geral, não é possível pagar valores

desta magnitude, sendo comuns taxas de R\$ 6,00 a tonelada, o que só viabiliza lixões ou aterros remediados.

### ***Tecnologias térmicas avançadas***

As tecnologias térmicas avançadas (TTA) têm a seu favor a destruição definitiva dos resíduos. No entanto, apenas esta vantagem não é suficiente para que sistemas como o coprocessamento em fornos de cimento e incineradores desafiem, de forma mais incisiva, a principal tecnologia concorrente, os aterros, ainda hegemônicos no Brasil, para onde cerca de 80% dos resíduos industriais são encaminhados.

### ***Gaseificação de plasma***

A gaseificação de plasma é o gás ionizado por meio de temperaturas superiores a 3000°C, tornando-se uma forma especial de material gasoso que conduz eletricidade. A característica de alta energia e temperatura do plasma admite um tempo de reação curto em comparação ao incinerador clássico, permitindo uma velocidade de destruição mais alta e a construção de reatores menores.

Este tipo de tecnologia é capaz de eliminar todo tipo de lixo e fornecer somente o que interessa: slag e energia. O gás gerado é formado por hidrogênio e monóxido de carbono, mais conhecido como gás de síntese, o qual constitui uma ótima fonte de energia. O produto vitrificado é chamado de slag, uma commodity que pode ser utilizada como matéria-prima para construção e produção de cerâmica (Biogroup 2013).

Este tipo de tecnologia pode ser utilizado em relação aos finos metálicos; cinzas de incineradores; lama de retífica; lodo galvânico; borras oleosas; resíduos petroquímicos; resíduos siderúrgicos; produtos químicos organoclorados tóxicos; resíduos sólidos urbanos (RSU); resíduos hospitalares; pneus usados; e, embalagens mistas contendo alumínio.

A tecnologia em questão possui como características principais a capacidade mínima de 30 toneladas por dia, o custo de construção economicamente compatível com uma usina de incineração e o baixo custo operacional. Dentre as vantagens identificadas dela, destacam-se os fatores seguintes: tempo de reação é curto; não produz efluentes ou emissões tóxicas; reduz o volume de resíduos a uma fração inferior a 1%; possibilita a eliminação de passivos ambientais; elimina qualquer outra necessidade de tratamento subsequente, estocagem ou disposição em aterros especiais; possibilita o controle dos resíduos “do berço ao túmulo”, exigido em sistemas ISO 14.000; os gases produzidos são de alto poder energético, podendo ser usados imediatamente ou mesmo estocados para futuros usos em outros processos; o volume de gases é muito inferior ao utilizado em outros processos e, por isso, muito fácil de ser tratado; a temperatura para a

dissociação molecular dos resíduos (conversão) é produzida por eletricidade e, assim, é uma fonte limpa; processo energeticamente eficiente que, dependendo do tipo de resíduos, pode ser autossuficiente ou mesmo gerar mais energia do que consome, disponibilizando-a para a venda; possibilita a cogeração de energia, com a produção de energia elétrica, vapor e/ou frio (água gelada/ar condicionado); possibilita controle preciso de processo e de temperatura.

Como desvantagens dessa tecnologia, destacam-se os seguintes fatores: é uma técnica dedicada, exigindo um avultado investimento, uma vez que só pode ser rentabilizada quando acoplada a uma central termoeleétrica; o elevado investimento pressupõe a contínua disponibilidade de resíduos a tratar o que pode ser comprometedor para uma estratégia de redução, a médio ou longo prazo, dos mesmos; o volume de gases inicialmente gerado é mais baixo do que na combustão convencional, mas depois da combustão dos gases produzidos é idêntico ao de outras formas de incineração; não dispensa um sofisticado sistema de lavagem de gases, tal como a incineradora dedicada, notadamente para a retenção dos metais voláteis e dos gases ácidos; no que diz respeito à produção de dioxinas/furanos, os sistemas estão dependentes das tecnologias de recuperação térmica utilizadas a jusante, não sendo claro que se possa garantir uma vantagem nítida sobre as tecnologias de incineração mais avançadas nem com as técnicas mais simples de gaseificação.

## Contexto brasileiro: oportunidades e deficiências

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou, em 2011, uma pesquisa sobre resíduos sólidos em 400 municípios brasileiros, somando 51% da população urbana total. De acordo com o IBGE (2011), PNAD (2011) e Pesquisa Abrelpe (2011), a quantidade de RSU gerada e coletada no Brasil é de aproximadamente 198.514 ton/dia, com um índice de 1,223 kg/hab/dia, conforme demonstração abaixo:

**Quadro 1 - Quantidade de RSU gerada por regiões no Brasil**

Região	2010		2011	
	RSU gerados (t/dia) / índice (Kg/hag/dia)	População Urbana (hab)	RSU gerados (t/dia)	Índice (Kg/hab/dia)
Norte	12,920 / 1,108	11.833.104	13.658	1,154
Nordeste	50.045 / 1,289	39.154.163	50.962	1,302
Centro-Oeste	15.539 / 1,245	12.655.100	15.824	1,250
Sudeste	96.134 / 1,288	75.252.119	97.293	1,293
Sul	20.452 / 0,879	23.424.082	20.777	0,887
<b>BRASIL</b>	<b>195.090 / 1,213</b>	<b>162.318.568</b>	<b>198.514</b>	<b>1,223</b>

Fonte: IBGE 2011, PNAD 2001 a 2011, Pesquisa Abrelpe 2010 e 2011.

O crescimento desordenado da população, a urbanização caótica e a ausência de planejamento urbano são agravantes que provocam o aumento e o rápido espalhamento do lixo. Segundo o IBGE (2011), 57,56% dos resíduos coletados nos municípios em questão são dispostos de forma adequada, sendo que 42,44% ainda têm destinação inadequada.

No País, o decreto no. 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (art. XI), prevê algumas medidas indutoras, inclusive pagamento por serviços ambientais, nos termos definidos na legislação, e apoio à elaboração de projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou quaisquer outros mecanismos decorrentes da Convenção Quadro de Mudança do Clima das Nações Unidas. O Poder Público pode estabelecer outras medidas indutoras que não estão previstas na respectiva legislação. As instituições financeiras federais também têm a possibilidade de criar linhas especiais de financiamento para: I - cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, com o objetivo de aquisição de máquinas e equipamentos utilizados na gestão de resíduos sólidos; II - atividades destinadas à reciclagem e ao reaproveitamento de resíduos sólidos, bem como atividades de inovação e desenvolvimento relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos; e III - atendimento a projetos de investimentos em gerenciamento de resíduos sólidos. Todavia, não há qualquer tipo de fundamento em sinalizar a aquisição de máquinas e equipamentos (ou tecnologias verdes) se não houver mão de obra capacitada e especializada para o manuseio das mesmas.

Os gases dos aterros são, na maioria dos casos, capturados apenas para evitar explosões, ou seja, por questão de segurança. E, com frequência, os volumes efetivamente capturados são muito baixos devido à produção de chorume, geralmente drenado ou tratado, que bloqueiam os tubos de drenagem. De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de Gás de Efeito Estufa (Cetesb 2007), 84% das emissões de metano no Brasil resultam dos resíduos colocados em depósitos sem controle, como lixões e áreas clandestinas.

Assim, para a disposição de resíduos, apresentam-se viáveis dois instrumentos técnicos, quais sejam:

- *Prevenção de geração de metano por meio de:*
  - Aproveitamento de componentes biodegradáveis (aproveitamento de papel/papelão, fermentação e compostagem de resíduos de cozinha e de jardinagem);
  - Pré-tratamento de resíduos antes da disposição por meio de técnicas biológicas ou térmicas;

- *Redução das emissões de metano resultantes mediante a oxidação térmica ou biológica:*
  - Oxidação térmica (captação e queima de gases de aterro ou seu aproveitamento energético, por exemplo, em geradores de energia térmica e elétrica);
  - Oxidação microbiológica em filtros de oxidação de metano.

Os projetos de aproveitamento dos RSU para a geração de energia elétrica consideram a liberação do metano pelos aterros sanitários. Entretanto, no cenário atual, o metano liberado em aterros raramente é recuperado e queimado no Brasil. Apenas sua captura e destruição já se configurariam em projetos do MDL (Pope & La Rovere 2005).

Para o setor elétrico, algumas metodologias vêm sendo discutidas com o intuito de viabilizar a sua utilização por categoria de projetos. O painel metodológico do MDL denominado *Meth Panel* do *Executive Board* aprovou algumas metodologias de projetos brasileiros. Cito aqui alguns exemplos, como o projeto Vega Bahia que trata de um contrato de concessão pública da referida empresa com a cidade de Salvador (BA) para construção e operação do aterro sanitário. Como a recuperação e a queima do metano no Brasil não são previstas por lei, a linha de base (Acordo de Marraqueche) adota que aproximadamente 20% do metano, estimativa conservadora de melhores práticas, sejam capturados e queimados. Assim, é considerado adicional todo o gás a mais que for capturado e queimado, comprovando a adicionalidade do projeto.

Outro exemplo, o projeto Nova Gerar, baseia-se na análise de viabilidade de cenários futuros a partir da opção econômica mais racional. As barreiras ao investimento são consideradas adicionais, e o cenário “*business-as-usual*” é visto como única alternativa viável. De acordo com Fernandez (2004), o Projeto Nova Gerar prevê benefícios agregados ao desenvolvimento sustentável, tais como: a) Construção do aterro sanitário de Adrianópolis e recuperação do lixão de Marambaia – recuperação de paisagem, recolhimento e tratamento de chorume, entre outras questões; b) Geração de emprego e renda na região; c) Geração de eletricidade a partir de uma fonte sustentável; d) Transferência de tecnologia britânica na geração de energia a partir do biogás; e) Aporte de capital externo pelos compradores das RCE’s; e, f) Pioneirismo e fonte de motivação como estímulo para novos projetos.

Pretende-se evitar, com projetos como estes, um total de 26,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> até 2023. Observe-se que projetos como esses utilizam tecnologias com custos altíssimos e, geralmente, as máquinas são importadas de países europeus (Alemanha). Outra iniciativa é o Consórcio Biogás no aterro Bandeirantes, com uma perspectiva de 1,4 milhões tCO<sub>2</sub>/ano evitadas apenas no primeiro período de crédito (Pope & Rovere 2005).

Segundo Vollebergh and Kemfert (2005), o papel da mudança tecnológica é importante e decisivo, com focos na política ambiental, energia e política climática. Assim, por meio do reconhecimento como projeto do MDL, a utilização do gás metano dos aterros brasileiros representa um novo caminho de aproveitamento dos RSU e oportunidade no mercado de créditos de carbono. Outro ponto positivo, se cumprido, é que um projeto do MDL prevê a doação de 2% do valor da venda das Reduções de Emissão Certificadas para programas de conscientização e responsabilidade social, recurso este que poderia ser incrementado e utilizado para subsidiar cooperativas e associações de catadores de lixo, com vistas à melhoria da qualidade de vida desses trabalhadores.

O mercado de créditos de carbono é viável, mas é necessário colocar em prática um modelo de gestão integrada dos resíduos, onde os aspectos socioeconômicos e ambientais sejam avaliados conjuntamente.

No entanto, se os projetos de grande porte ainda são viabilizados no Brasil com apoio do poder público e adesão da iniciativa privada, a cadeia produtiva de RSU possui um elo que parece despercebido por ambos os atores dominantes desse processo: os catadores de lixo, ou seja, trabalhadores diretamente envolvidos na coleta de resíduos sólidos urbanos para fins de reciclagem. Daí a questão que abordo a seguir e cuja importância não pode ser subestimada.

### **Catadores de lixo: como incluí-los e capacitá-los?**

A partir de uma nova gestão, o desafio será o de oferecer apoio institucional e estrutural, estimulando o respeito a esses profissionais para fomentar as atividades de reciclagem e reaproveitamento dos resíduos. Onde estão, por exemplo, os pagamentos pelos serviços ambientais que estes trabalhadores prestam? Um exemplo que pode ser dado é o de Diadema/SP. O Programa Pró-Catador (ver Decreto no. 7.405 de 23/12/2010) do Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores vem buscando contribuir para que estes trabalhadores tenham uma vida digna. Ao valorizar o trabalho dos catadores, além de se trabalhar na direção de incluí-los social e economicamente, busca-se, por outro lado, viabilizar uma economia de custos considerável com transporte, coleta, etc. Mas a pergunta que se faz é: este valor pago pela Prefeitura condiz com o trabalho efetuado por eles? Não. Entretanto, é o começo. Em Diadema estes trabalhadores recebem pagamentos: a) pela quantidade de lixo coletado; e, b) pelo PSA pago em renda fixa pela Prefeitura. Este é um exemplo importante e que precisa ganhar força.

De acordo com a Associação Brasileira de Alumínio (Abal 2011), 90% das latinhas de alumínio consumidas no Brasil são recicladas, o que coloca o país no topo da pirâmide de

reciclagem deste material. Além das latas de alumínio, são reciclados no País 16% do papel de escritório, 21% das garrafas PET e quase 40% do vidro. Por outro lado, esses números se traduzem na quantidade de pessoas que sobrevivem da coleta dos resíduos (a qual vem aumentando substancialmente em detrimento da atratividade do negócio), mas sofrem com constantes ameaças por parte das grandes empresas recicladoras que insistem em eliminá-las da intermediação entre a coleta e a reciclagem. Dessa forma, os catadores travam uma disputa com as empresas, que têm instalado máquinas de recolhimento de latinhas e de garrafas PET em supermercados. Qualquer pessoa pode depositar nestas máquinas o material reciclável e, em troca, receber cupons de desconto para a compra no estabelecimento. Como consequência, ao recolher a matéria-prima do trabalho dos catadores, empresas anulam a presença desses trabalhadores no processo de reciclagem e ameaçam o sustento de milhares de famílias brasileiras por conta da coleta do lixo.

A busca pela inclusão e valorização desses trabalhadores em organizações ainda é um grande desafio. Entretanto, mudanças consideráveis podem ocorrer se houver espaço para tecnologias verdes e inclusivas. Furtado (1980) afirma que os que pretenderam descobrir na lógica capitalista uma tendência inexorável ao estado estacionário ou à agravação dos antagonismos sociais, com uma tendência a “autodestruir-se”, subestimaram ou esqueceram as potencialidades da tecnologia.

Um esquema de crédito para os catadores de lixo precisa ser analisado de modo emblemático. Nos diferentes processos tecnológicos existe a possibilidade de inserção e/ou capacitação de mão de obra. Os catadores de lixo representam um importante elo da cadeia produtiva dos resíduos, quando se trata de coleta seletiva. Por outro lado, quando se fala em capacitação dos mesmos para o uso de tecnologias verdes ou participação nos processos produtivos já em andamento, o cenário parece ser um problema sem solução. Inserir-los em cooperativas, associações ou empreendimentos solidários é uma opção viável, mas inseri-los nos sistemas tecnológicos e financeiros dos grandes projetos que utilizam tecnologias ‘mais sofisticadas’ parece ser pouco provável. Trata-se, pois, de um grave problema social de cuja resolução político-econômica depende o futuro de toda uma comunidade estimada, quantitativamente, pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre 2011), em cerca de 1.000.000 (1 milhão) de pessoas, número mais que representativo para se avaliar a envergadura atual desse problema.

Em suma, não se pode subestimar ou superestimar as potencialidades tecnológicas, mas estas devem ser pensadas de maneira inclusiva. O mercado de tecnologias verdes nos países desenvolvidos está em pleno crescimento, a uma taxa quase exponencial, acompanhado pelo aumento dos investimentos no mercado financeiro. Tais técnicas estão se tornando, cada vez mais,

um componente importante na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Contudo, a demanda por tecnologias verdes nos países em desenvolvimento permanece pouco explorada. De modo geral, os países em desenvolvimento enfrentam barreiras quanto à implantação destas tecnologias por conta de políticas comerciais e regras de propriedade intelectual, o que dificulta o processo de esverdeamento tecnológico.

## Referências

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ABRELPE 2011. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Available from: [http://www.cidadessustentaveis.org.br/sites/default/files/arquivos/panorama\\_residuos\\_solidos\\_abrelpe\\_2011.pdf](http://www.cidadessustentaveis.org.br/sites/default/files/arquivos/panorama_residuos_solidos_abrelpe_2011.pdf)

Associação Brasileira do Alumínio ABAL. [homepage on the Internet]. Available from: [www.abal.org.br](http://www.abal.org.br)

Braber K 1995. Anaerobic digestion of municipal solid waste: a modern waste disposal option on the verge of breakthrough. *Biomass and Bioenergy*, Volume .9, n.1–5, pp.365–376.

Cempre – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. [homepage on the Internet]. Available from: <http://www.cempre.org.br>

Cetesb - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares. São Paulo, 2007. [homepage on the Internet]. Available from: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

Chernicharo C 1997. *Reatores anaeróbios* Belo Horizonte, UFMG, 245 pp.

Decreto n. 7.405 de 23/12/2010. Available from: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7405.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7405.htm)

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH GTZ 2003. Projeto setorial Promoção do tratamento mecânico-biológico de resíduos, Relatório final. Available from: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5733.pdf>

Ehrlich PR 1968. *The Population Bomb*. A Sierra Club, Ballantine Books, New York, 201 pp.

Fernandez P. Projeto Nova Gerar de Conversão de Gases de Aterro em Energia dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL. [serial on the Internet]. Available from: <http://www.bayer.com.br/byee/home.nsf/Fernandez.pdf>

Furtado C 1980. *Pequena Introdução ao Desenvolvimento – Enfoque Interdisciplinar*. Ed. Nacional, São Paulo, 161pp .

Gentil VA 2008. *Pessoas Residuais e os Resíduos das Pessoas: uma análise do desenvolvimento mercadológico do Distrito Federal, DF, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília – CDS/UnB*, 154 pp.

Gentil VA 2011. De Ignacy Sachs, la troisième rive: à la recherche de l'écodéveloppement. A terceira margem: à procura do ecodesenvolvimento. *Sociedade e estado*, vol.26, no.1, Brasília Jan./Apr, 269-274.

Gentil VA 2013. *O Esverdeamento da Economia e os Tributos Verdes: um duro caminho rumo à sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília – CDS/UnB*, 363 pp.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. [homepage on the Internet] Available from: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

Meadows DL, Meadows DH, Randers J, Behrens, WW 1972. Limites do Crescimento - um Relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade. Ed. Perspectiva, São Paulo, 203 pp .

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2011. Available from: <http://www.ibge.gov.br>

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Available from: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)

Poppe MK, La Rovere EL 2005. Mudança do clima: Mercado de Carbono. Volume II, In Cadernos NAE (Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da Republica), Brasília, 500 pp.

Reichert GA, Silveira DA 2005. Estudo de Viabilidade da Digestão Anaeróbica de Resíduos Sólidos Urbanos com Geração de Energia. Campo Grande, Artigos Técnicos, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 26 pp.

Summary for Policymakers IPCC Fourth Assessment Report IPCC 2007. Working Group III. Available from: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>

Tecnologia Plasma - Usina de Gaseificação por Plasma Biogroup. Available from: <http://www.biogroup.net.br/secao/59/52/14/Planta>

Vollebergh HRJ, Kemfert C 2005. The role of technological change for a sustainable development. Ecological Economics (54), 133 – 147. Available from: [www.elsevier.com/locate/ecocon](http://www.elsevier.com/locate/ecocon)