

## ELEMENTOS FÍSICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA ANÁLISE DA QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DE RORAIMA

---

**Edileusa Lopes Sette Silva,**

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Mestre em Ciências Biológicas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Pesquisadora do Museu Integrado de Roraima e Assessora da Diretoria Técnica do SEBRAE-RR.  
edileuzasette@hotmail.com

**Geórgia Patrícia da Silva**

Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Mestre em Administração pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).  
geoufpe@yahoo.com.br

### RESUMO

Este artigo desenvolve uma discussão sobre os aspectos físicos, econômicos e ambientais dos resíduos pela ótica da Segunda Lei da Termodinâmica e sua aplicação à Economia, a partir do trabalho germinal de Georgescu-Roegen (1906-1994). Diante da necessidade de reconhecer o papel dos catadores e microempresas do lixo como elementos fundamentais na recondução dos materiais reaproveitáveis ao processo de reciclagem, são apresentadas algumas sugestões que devem ser consideradas na elaboração e implementação de Políticas Públicas para o manejo integrado dos resíduos, reconhecendo o papel desses trabalhadores na diminuição das externalidades negativas do consumo. Considerando-se que os resultados da ação dos trabalhadores do lixo fica potencializado quando os mesmos se organizam em cooperativas e microempresas, o trabalho indica alguns procedimentos que, se adotados, poderão contribuir para o sucesso econômico do setor do lixo no Estado de Roraima.

### PALAVRAS - CHAVE

Termodinâmica. Lixo. Políticas públicas. Externalidades.

### ABSTRACT

*This article develops a discussion about the physical, economical and environmental aspects involved on the garbage management considering mainly the Second Law of Thermodynamics*

*and its application to Economics from the germinal production by Georgescu-Roegen (1906-1994). The article postulates the importance to consider the social role of people and enterprises that work with garbage as fundamental elements in the process of renewable materials and presents some suggestions which have been considered to the elaboration and implementation of Public Policies to the garbage integrated management. The role workers, organized as small entrepreneurs or cooperation groups is very important to contribute with the destiny and economical management of garbage in Roraima state.*

## KEYWORDS

*Thermodynamics. Garbage. Public policies. Externalities.*

## RESUMEN

*El trabajo desarrolla una discusión a cerca de los aspectos físicos, económicos y ambientales de acuerdo con la Segunda Ley de la Termodinámica y su aplicación en la Economía, con base en del trabajo germinal de Georgescu-Roegen (1906-1994). Es necesario reconocer la importancia de los trabajadores y PyMEs que desarrollan su labor en la reconducción de materiales que de otra forma se depositarían en el basurero. Se hacen algunas sugerencias para la elaboración de Políticas Públicas de manejo integrado de la basura, reconociendo la importancia de apoyar la disminución de las externalidades negativas originadas en la sociedad de consumo. Considerando que la acción de los trabajadores resultan mejores cuando trabajan en cooperativas o como PyMEs, este trabajo relaciona procedimientos gubernamentales que pueden llevar más eficiencia al sector.*

## PALABRAS CLAVE

*Termodinámica. Basura. Políticas públicas. Externalidades.*

## INTRODUÇÃO

Modernamente, tentando imitar a natureza, tem-se notícia de ensaios de processos produtivos que aventaram a hipótese de resíduo zero. Considerando-se os avanços conceituais da Economia nos últimos anos, conectados à Segunda Lei da Termodinâmica e à *Joint Production*, conclui-se ser válida a busca da eficiência energética por meio da pesquisa e da inovação tecnológica, não obstante a impossibilidade física do resíduo zero. Este é inalcançável por não estar nos planos da natureza. A natureza administra os detritos dos processos vitais por meio do trabalho orquestrado de organismos estrategicamente situados em diferentes estágios da cadeia alimentar, compondo uma estrutura seqüenciada em que cada elo contribui para melhorar a eficiência do conjunto no aproveitamento energético.

Os resíduos são elementos extremamente importantes para a existência da vida na terra, configurando uma espécie de entidade onipresente que se espalha

ao longo das cadeias alimentares e produtivas. Ao consumir os produtos industrializados que facilitam e dão conforto à sua vida, as pessoas geram resíduos; ao consumir seu alimento baseado em proteína, os animais carnívoros geram resíduos; seres vegetarianos geram resíduos ao consumir plantas e as plantas, por sua vez também geram resíduos em seu metabolismo.

Nesse sentido, os resíduos de animais - fezes e urina-, entram na cadeia alimentar como importantes fontes energéticas da fauna psâmica e para as plantas, na forma de adubos nitrogenados. O reino animal não existiria sem o oxigênio, um resíduo gerado pelas plantas em seu processo fotossintético. O gás carbônico, um resíduo gerado no processo de respiração é aproveitado pelos vegetais. Quando depositados no meio ambiente, os resíduos orgânicos gerados pelos humanos voltam quase imediatamente à cadeia alimentar. Já os resíduos inorgânicos, que representam produtos manufaturados, no fim de sua vida útil, vão para os lixões e aterros sanitários onde levarão muito tempo para se degradar, tornando-se a expressão de uma externalidade negativa gerada pela sociedade de consumo.

Numa cadeia produtiva eficiente, os resíduos do processo produtivo são reintroduzidos no mesmo, gerando bens alternativos ou iguais, o que reduz desperdícios e custos, melhorando o desempenho econômico das empresas. Portanto, quando recebem tratamento correto, os resíduos reentram no circuito através dos vegetais e das indústrias, dando lugar a um aproveitamento energético mais eficiente. Nos países em desenvolvimento a estrada entre a liberação do resíduo doméstico e o processo de reciclagem passa por um desvio adicional que é o da atividade de catação, ocupando um grande contingente de pessoas.

Nos estados brasileiros em geral e na Amazônia em particular, já são lugar comum as Ilhas das Flores, onde crianças, adultos e idosos disputam com cães, ratos e aves de rapina restos imprestáveis até para os habitantes das pocilgas. Também são comuns as figuras soturnas que se esgueiram nas madrugadas, recolhendo os preciosos restos das festas.

Em Boa Vista, um quadro não mais ameno nos remete a uma cooperativa de catadores cujos membros se contentam com uma renda mensal menor que R\$50,00 para recolher, de forma ordeira e silenciosa, o que cai do caminhão de coleta oficial, além de outros que, mais à margem, invadem o aterro ou perambulam pelas “BRs” recolhendo o que é jogado de maneira irresponsável nas estradas.

A análise dessa entidade “resíduo” pode ser feita, portanto, sob muitos ângulos, demonstrando ser um campo eminentemente interdisciplinar. Nela há lugar para a Ciência Social, a Física, a Economia e a Biologia, apenas para citar alguns, melhor ainda se trabalharem de forma conjunta, promovendo a tão so-

nhada transdisciplinaridade. Ao mesmo tempo, a partir dessas análises multifacetadas é possível elucidar formas de lidar com os resíduos de maneira adequada e racional.

Nessa perspectiva, este artigo faz uma breve introdução sobre os aspectos físicos e energéticos dos resíduos pela ótica da Segunda Lei da Termodinâmica e sua aplicação à Economia, conforme feito por Georgescu-Roegen, (1971) e apresenta alguns elementos que devem ser considerados na elaboração de uma Política Pública para resíduos no Estado de Roraima, visto que a sociedade precisa reconhecer, através de ações adequadas, os serviços ambientais prestados por catadores e microempresas de reciclagem que, na contramão da externalidade negativa gerada pela economia do consumo, contribuem para redução da poluição e criam as condições iniciais para a melhoria da eficiência energética, reconduzindo os recursos naturais ao processo produtivo.

## OS FUNDAMENTOS DA SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA E *JOINT PRODUCTION*

Uma questão que se coloca neste campo é se existe possibilidade de vida ou Economia com resíduo zero. De saída, sabe-se que vida não é possível, a partir do próprio processo fotossintético, onde tudo começa. Quando um raio de sol alcança uma célula fotossintética pode ser fatalmente aprisionado na síntese de uma molécula de açúcar, desencadeando uma seqüência de produção de alimento que passa a animais e fungos, configurando a cadeia alimentar. Apesar de os subprodutos intermediários circularem na cadeia, haverá sempre um resíduo que se perde em cada fase do processo, na forma de calor.

Na Economia, as indústrias de produção de objetos manufaturados têm buscado imitar a natureza e essa imitação, mesmo com as tecnologias mais avançadas, somente pode alcançar uma produção mais limpa, bem menos eficiente que os processos naturais, com redução de insumos e matéria prima, reaproveitamento de resíduos e reciclagem de materiais já processados. A produção limpa é um objetivo inalcançável, porque não é esse o esquema do conjunto da natureza, do qual o processo econômico é um dos subconjuntos, como mostra a (Figura 1).

É na Termodinâmica, um ramo da Física, que são estudadas as relações que envolvem a conversão entre formas de energia. Na primeira lei, o princípio da conservação da energia é ampliado para incluir trocas de energia, tanto por transferência de calor quanto por realização de trabalho, além de introduzir o conceito de energia interna de um sistema (YOUNG & FREEDMAN, 2006).

A discussão sobre resíduos fica enriquecida quando se compreende o conceito de sistema termodinâmico, possibilitando situá-los no status que lhes é devido, ou seja, como resíduos do processo econômico.

De forma muito simplificada, um sistema termodinâmico pode ser definido como uma entidade que interage e troca energia com sua vizinhança. A título de exemplo, considere-se um sistema constituído por uma panela com milho de pipoca e a chama de um fogão. A pipoca é produzida porque há transferência de calor para o milho. Quando o milho se expande e começa a estalar, a pipoca se projeta, realizando trabalho sobre a tampa da panela, que por sua vez sofre um deslocamento. O estado do milho muda no processo, porque seu volume, temperatura e pressão variam ao estalar. Um processo em que ocorrem variações no estado do sistema termodinâmico denomina-se processo termodinâmico (YOUNG & FREEDMAN, 2006). Dentro da massa de resíduos de um aterro sanitário os materiais mudam de estado reagindo entre si e geram compostos que se diluem no chorume, com grande produção de gases, principalmente o metano e uma enorme quantidade de calor.

Muitos processos termodinâmicos ocorrem naturalmente em um sentido, mas não ocorrem no sentido oposto. Por exemplo, o calor sempre flui de um corpo quente para um corpo frio, mas não do corpo frio para o corpo quente. A Segunda Lei da Termodinâmica determina as possibilidades que limitam a transferência de energia, o sentido em que a transferência pode ocorrer. Os processos termodinâmicos que ocorrem na natureza são todos processos irreversíveis, ou seja, só acontecem em um determinado sentido, mas não no sentido contrário. Portanto a massa de resíduos sólidos em um aterro é transformada em líquidos, lodos, gases e calor, através de processos físicos químicos e biológicos, de forma irreversível.

Isto faz da Segunda Lei da Termodinâmica uma lei bastante diferente das outras leis físicas, por ser enunciada como a afirmação de uma impossibilidade. Ela pode, contudo ser formulada através de uma afirmação quantitativa usando-se o conceito de Entropia, uma grandeza que mede o grau de desordem de um sistema e fornece uma estimativa quantitativa da desordem.

A Entropia de um sistema tem um valor definido para um dado estado do sistema e sua variação independe do percurso entre dois estados considerados. Tal como a energia interna, não é possível calcular a Entropia absoluta, mas apenas sua variação no processo. Diferentemente da energia, a Entropia é uma grandeza que não se conserva.

Não existe nenhum processo com diminuição de Entropia. Esta cresce ou permanece constante. Por serem irreversíveis, todos os processos naturais envol-

vem aumento de Entropia. O aumento da Entropia mede o aumento da desordem e do caos no universo, provocado pelo processo em questão. Young & Freedman (2006) exemplificam:

Considere-se a mistura de água quente com água fria. Poderíamos utilizar a água quente e a água fria como reservatórios quente e frio de uma máquina térmica. Enquanto retiramos calor da água quente e fornecemos calor para a água fria, podemos obter uma certa quantidade de trabalho. Porém depois que a água se mistura e atinge um equilíbrio, a oportunidade de se obter trabalho é perdida irremediavelmente. Depois do equilíbrio, a água quente não pode mais ser separada da água fria. Não existe nenhuma diminuição de energia quando a água quente se mistura com a água fria. O que foi perdido não foi a energia, mas sim a disponibilidade, ou seja a oportunidade de se converter parte do calor da água quente em trabalho mecânico. Portanto, quando a entropia cresce, a energia para a produção de trabalho torna-se menos disponível e o universo se torna mais caótico e aleatório.

Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), matemático, estatístico e economista de nacionalidade romena estabeleceu as conexões entre a Segunda Lei da Termodinâmica e o processo econômico apresentadas em seu livro *The Entropy Law and the Economic Process*. Neste livro de 1971, no qual também foram lançados os fundamentos da Bioeconomia, Georgescu-Roegen ironiza que a Termodinâmica, um ramo da Física que revolucionou a visão científica do começo do século XIX, foi criada quando os homens de ciência pararam de se envolver apenas com os negócios do céu e se voltaram para os assuntos da terra.

Após a obra germinal de Georgescu-Roegen, muitas provas foram adicionadas sobre a ligação entre o processo econômico e os princípios da Termodinâmica, detalhando como esta ciência desvela a física do valor econômico (Wikipedia, 2008). Segundo Georgescu-Roegen (1971), por explicar de forma tão eficiente os movimentos da Economia, a Termodinâmica é considerada muito antropomórfica por alguns físicos, por demais dependente de uma visão humana das coisas. Entretanto para ele, a idéia de que o homem possa pensar o mundo de forma completamente não antropomórfica é no mínimo contraditória, uma vez que força, atração, ondas, partículas e especialmente equações interpretadas são todas constructos humanos. Uma mente não antropomórfica jamais poderia entender o conceito de ordem em Entropia, onde percepção intuitiva e propósitos humanos são inseparáveis (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Por exemplo, nos outros ramos da Física não existe diferença entre o calor existente dentro de uma caldeira e o calor latente disperso no ar. Para a Termodinâmica existe uma diferença fundamental, pois o primeiro pode ser útil aos nossos propósitos humanos, o segundo, não. Isto determina uma diferença fundamental, por exemplo, entre uma bacia de alumínio e as moléculas do minério alumínio dispersas na natureza, inúteis para os propósitos humanos, ou seja, baixa Entropia é uma condição fundamental para que um objeto tenha utilidade (op. cit.,1971).

Aqui também é a Termodinâmica que pode explicar porque as coisas que são úteis têm também valor econômico, sem que este se confunda com preço. O corpo da terra é um estoque de baixa Entropia, grande o bastante para garantir a sobrevivência das formas de vida. A escassez na natureza e no processo econômico existe porque essa quantidade de Entropia diminui de forma contínua e irrevogável e porque uma determinada quantidade de baixa Entropia pode ser utilizada apenas uma vez. Se fosse possível queimar o mesmo pedaço de carvão indefinidamente até o infinito ou se um objeto de metal durasse para sempre, não haveria escassez. Um país com poucos recursos naturais não precisaria importar matéria prima continuamente, a não ser que pretendesse aumentar a população ou o ganho per capita (op. cit., 1971).

A partir daí, a relação entre Termodinâmica e Economia se aprofunda, na medida em que o objetivo principal desta última é a auto-preservação da espécie humana, com a satisfação de necessidades básicas, sujeitas às leis da evolução. Ironicamente, lembra Georgescu-Roegen, mesmo que os pobres não tenham razão para esquecer, o conforto quase ilimitado alcançado por algumas sociedades antigas e modernas, quase nos leva a esquecer o fato mais elementar da Economia, ou seja, de todas as necessidades da vida, apenas aquelas puramente biológicas são absolutamente indispensáveis para a sobrevivência (op.cit.,1971).

Considerando-se que a vida biológica se alimenta de baixa entropia, Georgescu-Roegen (1971), chega a uma indicação importante sobre a conexão entre baixa Entropia e Valor Econômico, ou seja, que toda a nossa vida econômica se alimenta de baixa Entropia, independentemente da complexidade da estrutura da Economia. O autor também faz referência às campanhas de separação de lixo, lembrando que o reaproveitamento das sobras e resíduos para produção de itens novos requer menor consumo de baixa entropia do que qualquer meio de obter a mesma quantidade de matéria prima. Isso contraria frontalmente a crença de que o processo econômico pode dispensar o fluxo de baixa entropia e seguir crescendo indefinidamente (op. cit.,1971).

Conforme Gowdy & Mesner (1998), a concepção de Georgescu-Roegen,

de que a sobrevivência da humanidade depende de recursos naturais teve duas fontes fundamentais. A primeira foi o trabalho de Emile Borel em Mecânica Estatística, objeto de sua dissertação na Sorbone em 1930 e a segunda sua experiência em planejamento econômico durante o exílio 1930 e 1940. Nas palavras de Georgescu-Roegen, transcritas pelos autores:

[...] a idéia de que o processo econômico não é uma analogia mecânica, mas uma transformação entrópica e unidirecional começou a revolver em minha mente há muito tempo atrás quando testemunhei secar um a um os poços dos campos de Ploesti, durante as guerras mundiais. Foi aí que me conscientizei sobre a luta dos camponeses romenos contra a deterioração do solo de suas fazendas, devido ao cultivo intensivo e contínuo, agravado pela lixiviação. Isto consolidou minha idéia de descrever, pela primeira vez, o processo econômico como um processo de transformação entrópica dos recursos naturais de valor, ou baixa entropia, em lixo sem valor, ou alta entropia, sendo este apenas o lado material do processo. O verdadeiro produto do processo econômico é de natureza imaterial, um fluxo de energia que permite o aproveitamento e gozo da vida, cuja relação com a transformação entrópica da matéria em energia ainda está envolta em mistério.

De acordo com Baumgärtner *et al* (2003), a Termodinâmica é amplamente reconhecida como elemento essencial no pensamento econômico moderno, pois abre possibilidades para *insights* importantes sobre a natureza das interações entre Economia e meio ambiente. A Termodinâmica relaciona a Economia Ecológica com as ciências naturais tais como Física, Biologia e Ecologia, o que facilita a pesquisa interdisciplinar (BAUMGÄRTNER *et al* (2003). As leis da Termodinâmica nos levam a reconhecer que a economia humana é um sub-sistema imerso num sistema maior, mas finito, o sistema natural (Figura 1).

Um conceito da Economia Ecológica que mostra como de uma única atividade produtiva emerge muitas saídas, fazendo com que a produção de bens desejados sempre conduza à produção de bens não desejados, é chamada *Joint Production*. Por exemplo, na refinação de óleo cru, para produção de gasolina, querosene, diesel e outros, não se podem evitar a produção de rejeitos sulfurosos perigosos e emissões de dióxido de carbono. O conceito de *Joint Production* faz a conexão entre o processo produtivo e as leis da Termodinâmica, abrindo espaço para análises políticas mais amplas (*op. cit., et al*, 2003).

Portanto, do ponto de vista da Termodinâmica, matéria e energia são fatores de produção fundamentais e o processo de produção é, na raiz, uma trans-

formação desses fatores. O processo produtivo sempre gera produtos desejados de baixa Entropia e inevitavelmente gera rejeitos materiais ou lixo de alta Entropia.

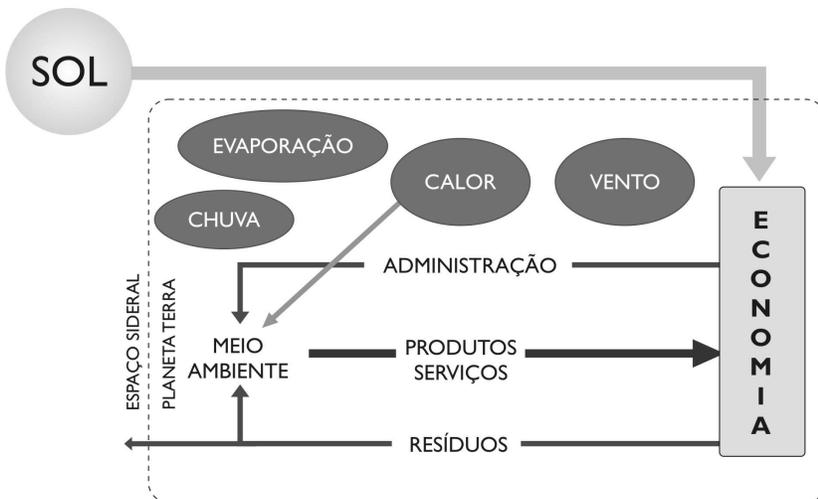


Figura 1  
A Economia como subconjunto do sistema natural.

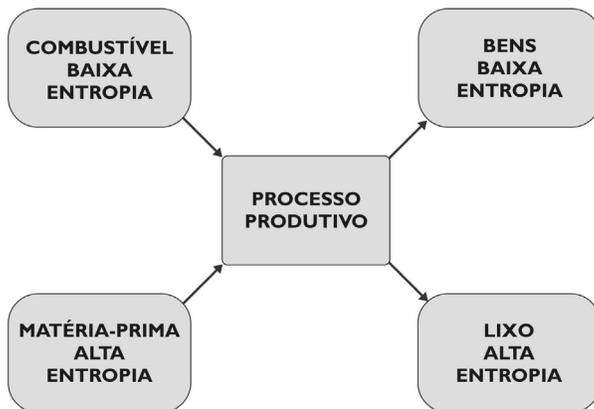


Figura 2  
Diagrama de Joint Production conforme Baumgärtner et al. (2003)

Portanto todo processo de produção é *Joint Production*, pelo fato de sempre resultar em mais de uma saída (*op. cit., et al, 2003*), como mostra a Figura 2.

Tal como o processo econômico, os processos naturais de organismos e ecossistemas também são sistemas abertos e auto organizados que têm varias entradas e várias saídas. O poder de generalização do conceito de *Joint Production* pode ser demonstrado pela forma como ele incorpora três conceitos centrais da Economia Ecológica: irreversibilidade, limite para substituição e ubiqüidade do lixo, que combinados determinam os limites de crescimento, a saber.

- Irreversibilidade – o processo produtivo gera Entropia e é, portanto, irreversível;
- Limites de substituição – os materiais de alta Entropia na entrada do processo produtivo necessitam ser acompanhados por um mínimo irreduzível de combustível de baixa Entropia para serem convertidos em bens desejáveis de baixa Entropia. Como exemplo pode ser citada a fabricação de utensílios de metal;
- Ubiqüidade do lixo – a alta Entropia resultante do processo produtivo, em geral vem acompanhada por materiais indesejáveis e danosos como escórias, venenos, CO<sub>2</sub>, etc.

## EXTERNALIDADES: ASPECTOS CONCEITUAIS

Segundo Mankiw (2007), ocorre uma externalidade quando uma pessoa ou entidade executa uma ação que impacta o bem estar de outros seres que não participam da ação, sem pagar ou receber compensação pelo efeito causado. Trata-se de uma externalidade negativa se o impacto é adverso e de uma externalidade positiva, se o efeito causado é benéfico. Esta é uma situação em que os mecanismos de mercado não são eficientes, porque falham em assegurar o máximo de benefício à sociedade como um todo.

## DEFININDO A EXTERNALIDADE DO LIXO

O homem, como os demais seres, pelo simples fato de viver, impacta o meio onde vive. No ato de interagir com o meio ambiente o ser humano pode ser compreendido como um sistema que produz resultados positivos e negativos, ou seja, como um agente de *Joint Production*.

Com o avanço da especialização e da organização social, as tarefas sociais foram divididas e as responsabilidades delegadas. No caso do lixo, a sociedade

optou por pagar para que setores especializados cuidem do mesmo. Portanto a sociedade paga pela coleta e pela construção das instalações, assim como pelo manejo e destinação final dos seus resíduos.

## TIPOS DE LIXO

No recolhimento, manejo e destinação final, os setores envolvidos com o lixo devem levar em consideração sua composição primária, que, de acordo com Mariotoni & Cunha (2006), podem ser classificados como resíduos rapidamente degradáveis, referindo-se à fração que apresenta composição química equivalente a  $C_{40}H_{64}O_{27}N$ . São os restos de alimentos, papel e papelão. Os resíduos lentamente degradáveis compreendem a fração cuja composição química equivale a  $C_{16}H_{23}O_7N$  e que, sob condições normais, tem o tempo de vida médio de degradação em torno de 16 anos. Os resíduos não degradáveis são todos os demais itens, que podem e devem retornar ao processo produtivo ou ser guardados com medidas de segurança reforçadas.

Para todas as frações do lixo existem tecnologias apropriadas de tratamento, abrindo a possibilidade de reduzir bastante a externalidade negativa. Segundo o IPT/CEMPRE, (apud MARIOTONI & CUNHA, 2006) a reciclagem de resíduos se processa em três modalidades. Na reciclagem primária são utilizados os resíduos de um produto para sua própria produção, ou seja, uma latinha de alumínio se transforma e uma latinha de alumínio nova. Esta modalidade apresenta um grande ganho energético, pois na produção primária de uma tonelada de alumínio gasta-se 15MWh de energia elétrica, enquanto que na reciclagem gasta-se 0,75 MWh. Na reciclagem secundária utiliza-se o resíduo de um produto para produção de outro, ou seja, uma garrafa pet se transforma em tecido, tapete ou cortina. Na reciclagem terciária são recuperados os elementos químicos ou a energia dos resíduos, como por exemplo, a recuperação da energia gerada por incineração ou em sistemas integrados, associando-se tecnologias de biodigestão e recuperação de biogás. Neste caso os resíduos sólidos domiciliares orgânicos e os resíduos de lodos de esgoto podem ser utilizados como insumos energéticos potenciais.

## RESPONSABILIDADE PELA EXTERNALIDADE DO LIXO

Para resolver o problema das externalidades negativas que acabam gerando uma tragédia dos comuns, é ressaltada em Economia a importância da determinação do direito de propriedade. No caso do lixo evidencia-se a necessidade de

atribuir responsabilidades claras e objetivas sobre os resíduos, desde a geração, coleta, tratamento e destinação final. Se continuarmos a dizer que o lixo é de todos e, portanto, responsabilidade de todos, estaremos contribuindo para o agravamento da tragédia.

As prefeituras cobram aos cidadãos e às firmas taxas de recolhimento do lixo, que repassam às empresas de coleta na forma de remuneração, para que cuidem do lixo de forma apropriada. Esse cuidado apropriado significa fazer a triagem e direcionar cada fração a um destino correto. Quando não agem dessa forma essas pessoas jurídicas propiciam a geração de inúmeras externalidades negativas ligadas ao lixo. Tal atitude se deve em geral a despreparo técnico, capacidade restrita para interpretar dados de pesquisas, desconhecimento das tecnologias existentes ou mesmo desinteresse em investir no setor. Esses fatores têm reflexos na auto-estima do trabalhador da coleta que não recebe o reconhecimento merecido pelo papel importante que desempenha na sociedade para que os demais possam viver em ambientes cépticos e agradáveis, longe dos resíduos indesejáveis que geram.

Portanto ao enterrar o lixo, sem classificação ou tratamento, as empresas coletoras de lixo e as administradoras de aterros causam uma externalidade negativa para todo o ecossistema e para a sociedade. Quando o aterro não cumpre as normas sanitárias, não sendo revestido por manta de polietileno apropriada, o chorume entra em contato com outras componentes ambientais através do lençol freático, ampliando o raio de poluição. Ao abandonar o lixo a céu aberto, com baixo nível técnico do manejo, a empresa administradora do aterro cria condições para a atração de vetores de doenças, tais como insetos, pequenos roedores e aves de rapina. Como externalidade negativa adicional, há relatos de situações em que o aumento da população de urubus em lixões próximos de aeroportos significa sério risco à aviação nas manobras de pouso e decolagem.

## A RESPONSABILIDADE DO CIDADÃO

Em todos os programas de Educação Ambiental desenvolvidas no Brasil, na questão dos resíduos, o cidadão é ressaltado como um elemento que pode exercer direito de escolha no momento em que decide o que comprar. Portanto tomar decisões conscientes quando da aquisição dos objetos de consumo, optando por itens certificados na origem, produzidos com tecnologias mais limpas, acondicionados em embalagens mínimas e recicláveis é um dever de cidadania. Em seguida cabe também ao cidadão estabelecer compromisso consigo mesmo, procurando induzir os demais em sua esfera de influência, à adoção de atitudes compromete-

tidas com a geração de resíduo mínimo e de reutilizar tanto quanto possível os descartes, ele mesmo servindo de exemplo. Os resíduos gerados deverão ser separados e encaminhados para outros segmentos que a eles darão aproveitamento, ou à coleta na esfera governamental.

## **POLÍTICA PÚBLICA DE RESÍDUOS: UMA PROPOSTA PARA O ESTADO DE RORAIMA**

Em Boa Vista, cidade com cerca de 250.000 habitantes, não existe coleta seletiva de resíduos sólidos. O lixo é recolhido por uma empresa terceirizada pela Prefeitura que, além da coleta dos resíduos domésticos e industriais, administra o aterro sanitário. Uma cooperativa de catadores opera na coleta do que sobra de papel e papelão, principalmente junto aos supermercados locais. Nas áreas empobrecidas, como é o caso da periferia da capital, a população à margem do processo produtivo vai encontrando formas econômicas alternativas de sobrevivência que acabam criando como rastro positivo a solução de uma parte da externalidade gerada pela empresa de coleta de resíduos, pelo poder público e pela sociedade em geral.

Em funcionamento a partir de 2002, na atualidade o aterro sanitário tem sido invadido por gente da periferia que de lá retira metais e plásticos diversos, itens muito valorizados no mercado. São pessoas de todas as faixas etárias, disputando restos que as sujeitam a riscos de acidentes devido à promiscuidade com animais, máquinas e caminhões, sob um sol abrasador, barulho e fumaça, tal como no antigo lixão. O quadro que se apresenta em 2008 representa um retrocesso, pois o município já tinha alcançado a total erradicação de crianças no lixo, há cerca de seis anos.

Quando um ou outro dentre esses catadores, dotado de alguma instrução escolar e com um nível mais alto de empreendedorismo e organização, articula parcerias na coleta e por isso consegue garantir volumes de resíduos aos atravessadores, é possível que estejamos diante do nascimento de um micro empreendimento do lixo. Se na seqüência esse empreendedor seguir cooptando outros catadores e passar a cumprir acordos verbais estabelecidos com empresas de fora do Estado, podendo mesmo barganhar preços e prazos, com o tempo ele vai conseguir se instalar em local de fácil acesso e a partir de então não precisará mais ir buscar os resíduos, pois passará a ser procurado por antigos colegas catadores, tornando-se um negócio de referência.

Na vertente do empreendedorismo da reciclagem, surgem funilarias de

fundo de quintal, onde as latas de alumínio são remoldadas em painéis artesanais e outros utensílios, onde as garrafas pet, após lavagem e derretimento, são transformadas em bolsas coloridas e duráveis, criativamente decoradas com logomarcas de butiques sofisticadas. Neste processo, o plástico, um derivado de petróleo que leva mais de 300 anos para se degradar, reentra no processo produtivo, significando economia de combustível fóssil, de energia, de água e de outros recursos naturais, voltando ao círculo do consumo.

## MICROEMPRESAS DO LIXO EM BOA VISTA

Catadores e microempresas de reciclagem são atividades humanas que causam grande impacto positivo no meio ambiente, por diminuir a poluição dos resíduos sólidos. Entretanto, ao invés de aplaudir e premiar esses empreendedores, a sociedade os taxa pesadamente no momento da comercialização dos seus produtos. Ao vender papel e papelão para o vizinho Estado do Amazonas a cooperativa dos catadores é taxada em 11% sobre um valor de pauta da Estadual, que subtrai uma considerável fatia do parco resultado da venda. Na divisão final cada cooperado recebe menos de R\$50,00, por todo um mês de trabalho exaustivo nas ruas, limpando os pátios de empresas parceira ou recolhendo papel branco nos órgãos oficiais.

As microempresas roraimenses que trabalham com venda de resíduos recebem do Estado o mesmo tratamento em relação ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), dado a qualquer outro ramo de negócio. Por seu lado, as empresas com sede no Estado do Amazonas, aqui instaladas, ao mandar resíduos sólidos para a sede ficam isentas de impostos, beneficiadas que são pelos incentivos da Zona Franca. Com o objetivo de ter uma indicação preliminar sobre o potencial de retirada dos resíduos do meio ambiente e de geração de empregos, as autoras fizeram uma rápida amostragem em oito dessas microempresas, obtendo os dados apresentados na Tabela 1.

Conforme mostrado na Tabela 1, além de utilizar matéria prima cuja vida útil já terminou, os empreendimentos do lixo criam empregos e abrem espaço para a expressão artística. Reconduzir esses materiais às indústrias significa criar as condições iniciais para economia de energia e água, bem como para evitar mais prospecção de minérios que em geral passa pela derrubada de florestas, deslocamentos de populações nativas e criação de crateras, que acabam virando grandes depósitos de lixo (LOVERA, 1977).

Nome da Empresa	Itens Trabalhados	Origem dos resíduos	Empregos criados	Mercado	Quantidade
Rei da Sucata	Alumínio, bronze, ferro, cobre, PVC e vidros	Catadores à margem da rodovia BR-174	4	Manaus, S. Paulo, recicladoras locais	25 toneladas de metal ao mês e 6 toneladas de plástico a cada dois meses
Roraiplast Ind. e Com. Ltda	Polietileno para fabricação de mangueiras de irrigação	Coletores de rua	10	Manaus, S.Paulo, Nordeste	Não informou
Mdl Sarraff - Zé da Sucata Comércio de Metais	Alumínio, vidros e baterias	20 a 30 coletores de rua	2 a 4	Manaus e Boa Vista	8 ton de metais ao mês e 5 toneladas de baterias ao mês
Incoplast	Polietileno de baixa densidade	Cooperativa Unirenda e catadores avulsos	3 a 7	Lojas que utilizam embalagens plásticas personalizadas	Não informou
Ferro Velho Juiz De Fora	Metais, baterias, cabos de aço	Oficinas, leilões, su-cateiros, Cooperativa Unirenda.	13	Varejo, Grupo Gerdal, Ocicla Aço Norte, clientes em Belo Horizonte e Pernambuco	120 a 150 toneladas de metais ferruginosos ao mês
Jpa Comércio De Metais	Metais ferrosos	Catadores de rua	6	Manaus	5 a 7 toneladas ao mês
Cooperativa Unirenda	Papel e papelão	Cooperados	27	Manaus	37 toneladas a cada dois meses

**Tabela 1**  
Amostra de micro empresas do ramo da reciclagem

## ELEMENTOS PARA UMA POLÍTICA INTEGRADA DE RESÍDUOS NO ESTADO DE RORAIMA

Considerando-se a multiplicidade de aspectos envolvidos na questão dos resíduos, é necessário pensar e implantar uma política integrada, formulada por uma equipe interdisciplinar, com previsão de ações para:

1. Implantação da coleta seletiva em todos os municípios do Estado;
2. Campanha de Educação Ambiental comunitária sobre a separação dos resíduos domésticos na origem;
3. Programas de Educação Ambiental para funcionários públicos em todos os escalões, com ênfase no manejo e destinação final dos resíduos;
4. Atribuição clara das responsabilidades sobre os resíduos, desde a geração até destinação final;
5. Capacitação das empresas coletoras e administradoras de aterros sobre a legislação, manejo e destinação final dos resíduos;
6. Esclarecimento às empresas coletoras e administradoras de aterros, em seus respectivos contratos, sobre o tratamento adequado a ser dispensado aos resíduos, em cada fase sob sua responsabilidade;
7. Implementação de um programa para aproveitamento da energia do metano, dentro das possibilidades de volume do aterro e utilização da matéria orgânica como adubo;
8. Recolhimento de óleos usados em culinária e em processos industriais com encaminhamento para a produção de biocombustível e outros derivados;
9. Destinação adequada de resíduos industriais perigosos;
10. Tratamento do chorume, antes de despejar nos corpos d'água.

E, além disso, a Política Integrada de Resíduos Sólidos deverá ter um capítulo dedicado às micro empresas do lixo, com os alguns conteúdos mínimos, como:

1. Determinar a reserva de um percentual do valor das taxas de lixo para ser aplicado no estímulo ao desenvolvimento dos microempreendimentos do lixo. O estímulo pode ser na forma de premiação por desempenho àquelas que demonstrarem o processamento das maiores quantidades de resíduos não degradáveis, com expressiva contratação de mão de obra;
2. Renúncia fiscal de todos os tributos federais, estaduais e municipais

- cobrados aos microempreendimentos de coleta, reaproveitamento e reciclagem de lixo;
3. Criação de um programa de certificação para estimular a qualidade nos microempreendimentos do lixo;
  4. Criação de um programa continuado de Educação Profissionalizante para os trabalhadores do lixo, com conteúdos de educação geral, ambiental, de higiene e alimentação saudável.

## CONCLUSÃO

Do ponto de vista físico, a 2ª. Lei da Termodinâmica demonstra que os processos naturais ocorrem em uma única direção, tornando a energia paulatinamente indisponível para os propósitos humanos. Portanto, não obstante a enorme quantidade de Entropia estocada no planeta, ela é finita. No encontro da Física com a Economia, Georgescu-Roegen, demonstrou de forma precursora, que o processo produtivo acelera o aumento da Entropia. Na Economia Ecológica, a *Joint Production* demonstra a impossibilidade da produção limpa, devido ao caráter sempre dual na saída dos processos, fornecendo baixa Entropia acompanhada de alta Entropia.

A interdisciplinaridade é a melhor forma de abordagem para a questão dos resíduos, uma vez que vários ramos da ciência, senão todos oferecem alguns instrumentos que possibilitam tratar, de forma inteligente, esse rastro da presença humana no mundo. Sobre ele os cientistas se debruçam não apenas buscando decodificar as reações que ocorrem na mistura e os compostos novos daí decorrentes, mas também pesquisando aspectos tão diferentes como formas de reconduzir resíduos perigosos ao processo produtivo, comportamento e condições sociais nos lixões ou ainda as conseqüências sobre as alterações climáticas.

A natureza lida muito bem com os resíduos. Ao longo da cadeia alimentar alguns organismos funcionam como operários encarregados de eliminar os detritos gerados por outros. São carnívoros, bactérias, fungos ou insetos que, ao remover restos e cadáveres, higienizam o ambiente, recebendo em troca tudo que precisam para viver. Na esfera humana, devido à quantidade desproporcional e à sofisticação dos resíduos da sociedade de consumo, bactérias e fungos não conseguem dar conta ou não reconhecem a maior parte dos detritos como alimento. Portanto é necessário que os próprios humanos se encarreguem do trabalho de remoção dos seus resíduos.

Sociedades desenvolvidas, tanto quanto possível, tendem a atribuir essa tarefa às máquinas e remuneram adequadamente – em salário e em benefícios ao trabalho-, as pessoas que se dispõem a realizar as tarefas ligadas ao lixo que não

podem ser feitas pelas máquinas. Nos países pobres ou em desenvolvimento, a tarefa por inteiro é em geral reservada aos excluídos sociais, menos remunerados que os urubus, uma vez que, com esse trabalho conseguem obter muito menos que o mínimo necessário a uma vida humana digna.

No Estado de Roraima a cooperativa de catadores que vende resíduos sólidos para as indústrias de Manaus e as microempresas que reciclam metais e plásticos oriundos do lixo, recebem tratamento fiscal semelhante às demais pessoas jurídicas. Entretanto se for considerado que as microempresas do lixo contribuem para amenizar uma externalidade negativa, retirando do meio ambiente elementos que, se deixados à própria sorte, ocupam espaço indevido no aterro, abrigando vetores de doenças ou entupindo bueiros e igarapés, estaremos admitindo uma dívida social para com o segmento. Esta dívida pode ser mitigada através de uma política pública de resíduos que valore de forma adequada os seus serviços.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMGÄRTNER, E. et al. 2003 – **Joint Production. Ecological Economics** ECECEM 32(2000)337-435.

GEORGESCU-ROEGEN, N.. **The Entropy Law and the Economic Process.** Harvard University Press, 1971.

GOWDY, J & MESNER, S. – **The Association for Social Economy.** Review of Social Economy vo.I LVI no. 2, Summer 1998. Rennsler Polytechnic Institute, 1998.

LOVERA, S. **Corporate Accountability and Mining Industry.** Nederland Committee for IUCN. December, 8, 1998. Disponível em [www.iucn.org](http://www.iucn.org). Acesso em 09/04/2008.

MANKIW, N.G. **Principles of Economics.** Fourth edition. Thompson Southern, 2007.

MARIOTONI, C. A. E CUNHA, M.E.G. **Aproveitamento Energético de Resíduos por Recuperação do Biogás em Aterros Sanitários- Perspectivas Integradas no Setor de Saneamento em Campinas, São Paulo.** *in* Biogás- Pesquisas e Projetos no Brasil. Cetesb. Organizador Ferrer, J.T.V, 2006.

VRINS, MONIQUE. **Possibilities for CDM Landfill Gas Projects.** Master Thesis. MSc Study International Economics and Business Groning University, the Netherlands, 2006.

YOUNG HUGH D. & FREEDMAN, ROGER A.. **Física II. Termodinâmica e Ondas** (antigo Sears & Zemansky). Ed. Pearson Addison Wesley. São Paulo, 2003.