

III-012 - NOVOS PARADIGMAS DE GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL E TECNOLOGIAS APROPRIADAS PARA MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Luiz Roberto Santos Moraes

Engenheiro Civil (EP/UFBA) e Sanitarista (FSP/USP), M.Sc. em Engenharia Sanitária (IHE/Delft University of Technology), Ph.D. em Saúde Ambiental (LSHTM/University of London), Professor Titular em Saneamento do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica e do Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho da Universidade Federal da Bahia

Patrícia Campos Borja

Engenheira Sanitarista (EP/UFBA); Mestre em Arquitetura e Urbanismo (FA/UFBA); Dra. em Arquitetura e Urbanismo (FA/UFBA); Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

Endereço: Rua Aristides Novis, 2 – Federação - CEP 40.210-630 - Salvador-Bahia-Brasil - Telefax.: 55 (71) 3283-9783; e-mail: moraes@ufba.br

RESUMO

O modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos, predominante no nosso País, baseado na coleta e afatamento dos resíduos gerados e, quando muito, na disposição adequada dos mesmos, constituindo-se em soluções geralmente isoladas e estanques, tem se mostrado inadequado necessitando de mudanças. A solução pode estar no desenvolvimento de modelos integrados e sustentáveis, que considerem desde o momento da geração dos resíduos, a maximização de seu reaproveitamento e reciclagem, até o processo de tratamento e destinação final. O objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta conceitual de outro paradigma para a questão por meio da **Gestão Integrada e Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos-GISRSU**, bem como de tecnologias apropriadas ao manejo de RSU.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Gestão Integrada e Sustentável, Tecnologias Apropriadas, Novos Paradigmas.

INTRODUÇÃO

Em face dos grandes desafios relacionados à relação homem-natureza é necessário criar as condições para inaugurar uma nova ética ambiental pautada em novos paradigmas de sociedade. Nesse cenário, a engenharia sanitária e ambiental tem papel relevante uma vez que seu campo de ação envolve a busca de alternativas tecnológicas para a promoção da saúde pública e a prevenção da poluição.

Assim, faz-se necessário criar condições para a capacitação dos recursos humanos, a partir de novos paradigmas tecnológicos e de gestão pública, com vistas a tornar a ação pública mais efetiva e articulada com pressupostos de nosso tempo.

Na atualidade, capacitar um profissional no campo da engenharia sanitária e ambiental envolve a uma série de conteúdos que estão para além da questão tecnológica em seu sentido restrito. A complexidade da realidade contemporânea exige um profissional com perfil capaz de atuar a partir de uma abordagem interdisciplinar, uma vez que cada vez mais a análise da realidade e a identificação de alternativas tecnológicas exigem um olhar que contemple diversas dimensões: sociais, culturais, institucionais, política, ambiental, etc.

No campo da tecnologia, os novos paradigmas envolvem a adoção de tecnologias apropriadas à realidade local, como nos anos 80, e, ainda, indutoras de novos comportamentos em face dos padrões atuais de consumo de água e energia e geração de resíduos líquidos e sólidos; ou seja, tecnologias que busquem privilegiar a não produção de mercadorias que não possam retornar ao processo produtivo; o controle na geração; a minimização; o reúso e a reciclagem das águas e dos resíduos sólidos. Com essa abordagem será necessário imprimir modificações profundas no modo de produção e, conseqüentemente, na concepção de projetos.

O uso de tecnologias apropriadas vem sendo estimulado em nível internacional desde a década de 70, tanto pela Organização Mundial da Saúde – OMS, como pelo Banco Mundial – BIRD. No Brasil, o estímulo à adoção dessas tecnologias se inicia na década de 80. Naquele momento, as discussões e as críticas às tecnologias denominadas “convencionais” começam a tomar corpo tanto em termos dos custos de implantação, operação e manutenção, como também quanto a sua adequação às diferentes realidades sócio-ambientais e culturais.

Com os avanços da degradação ambiental e a constatação da escassez dos recursos, principalmente da água, novas concepções de tecnologia passam a ser incorporadas, como por exemplo, a não geração, a redução, o reúso, a reciclagem dos resíduos líquidos e sólidos, além do tratamento e o destino final adequado. Preocupações com os impactos ambientais das tecnologias implantadas; com a eficiência energética dos projetos; com a capacidade institucional dos gestores em implantar, operar e manter os sistemas projetados, dentre outros, passam a compor o elenco de variáveis para a adoção de tecnologias apropriadas às realidades locais. Por outro lado, o processo de democratização e a ampliação da participação cidadã têm impulsionado a participação social na seleção das tecnologias. Nessa perspectiva, a adoção de tecnologias apropriadas assume papel estratégico para a garantia da efetividade, eficiência e a eficácia das ações implementadas.

No entanto, no Brasil, o maior desafio nesse campo envolve a resistência de certos setores da sociedade, da comunidade técnica e dos gestores em realizar alterações nos padrões tecnológicos vigentes. Contudo, o desafio mais relevante e que deve orientar as políticas públicas é empreender esforços para a reversão do quadro sanitário do País, o qual depende da adoção de tecnologias compatíveis com as realidades sociais, culturais, econômicas, financeiras, institucionais, legais e com a capacidade de pagamento dos usuário/cidadãos.

No campo do saneamento, um dos maiores desafios do novo milênio é a busca de outro paradigma para o adequado manejo dos resíduos sólidos urbanos – RSU. As soluções, geralmente isoladas e estanques, até aqui praticadas, cometem o equívoco de tratar de forma parcial a problemática de resíduos sólidos urbanos. A solução pode estar no desenvolvimento de modelos integrados e sustentáveis, que considerem desde o momento da concepção do produto, passando pela geração dos resíduos, a maximização de seu reaproveitamento e reciclagem, até o processo de tratamento e destinação final.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta conceitual de outro paradigma para a questão por meio da **Gestão Integrada e Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos-GISRSU**, bem como tecnologias apropriadas ao manejo de RSU.

METODOLOGIA

A metodologia do trabalho envolve uma revisão crítica da literatura sobre o sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos no Brasil e novos paradigmas tecnológicos.

MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA NO BRASIL

O modelo de desenvolvimento e os padrões de consumo e desperdício da população têm sido determinantes para o aumento do descarte de resíduos sólidos e a conseqüente degradação ambiental decorrente de seu lançamento inadequado no meio ambiente.

O mundo produz cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por dia, com materiais de todos os tipos que são descartados na forma de lixo domiciliar, industrial, hospitalar, lixo de vias públicas, entulho da construção civil e outros.

A grande maioria do lixo, até hoje, tem disposição irregular, representando uma ameaça para a contaminação do ambiente e à saúde da população. O Brasil produz cerca de 240 mil toneladas de lixo por dia - número inferior ao dos EUA (607 t/dia), mas bem superior ao da Alemanha (85 t/dia) e a Suécia (10,4 t/dia). A produção média de resíduos sólidos domiciliares é de 0,6kg/hab./dia (IEE/USP, 2008). Além disso, são produzidos cerca de 0,3kg/hab./dia de resíduos provenientes da varrição, limpeza de logradouros e entulhos.

Essa taxa em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba pode chegar a 1,3kg/hab./dia, considerando todos os resíduos manipulados pelos serviços de limpeza urbana (domiciliares, comerciais, de limpeza de logradouros, de serviços de saúde e entulhos (IEE/USP, 2008).

Os serviços de resíduos sólidos e limpeza pública são compostos basicamente por: acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos; limpeza de logradouros (varrição, capinação e roçagem) e serviços diversos como limpeza de mercados, praias, espaços públicos.

Segundo a PNAD de 2006, cerca de 78% dos moradores de domicílios particulares permanentes do País dispunham de coleta do lixo feita diretamente. Na área urbana esse indicador chegava a 89,9% e na rural 18,7% (IBGE, 2008a). Como nos outros componentes do saneamento básico, as Regiões Norte e Nordeste do Brasil dispunham dos menores indicadores com 67,5% e 60,8%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Moradores em domicílios particulares permanentes por classes de rendimento mensal domiciliar, situação do domicílio e destino do lixo. PNAD, 2006.

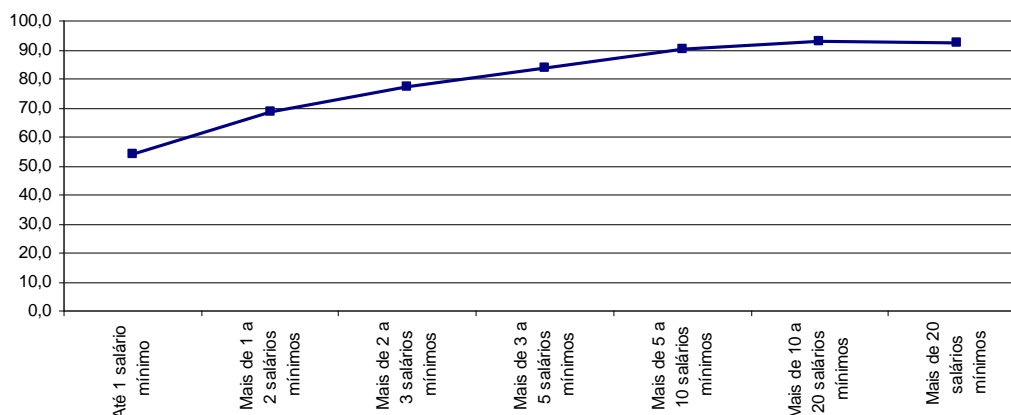
Regiões	Total			Urbana			Rural		
	Total	Coletado	% Coletado	Total	Coletado	% Coletado	Total	Coletado	% Coletado
Norte	15.016	10.141	67,5	11.347	9.592	84,5	3.670	549	15,0
Nordeste	51.456	31.299	60,8	36.728	29.484	80,3	14.727	1.815	12,3
Sudeste	79.419	70.190	88,4	73.124	68.350	93,5	6.296	1.840	29,2
Sul	27.245	22.785	83,6	22.566	21.432	95,0	4.679	1.353	28,9
Centro-Oeste	13.226	10.941	82,7	11.429	10.683	93,5	1.797	258	14,4
Brasil	186.362	145.356	78,0	155.194	139.541	89,9	31.168	5.815	18,7

Fonte: IBGE - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2008a.

Nota:

- 1) Até 2003, exclusive a população da área rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.
- 2) A categoria Sem rendimento inclui as pessoas de referência que receberam somente em benefícios.
- 3) Exclusive os rendimentos dos moradores cuja condição no domicílio era pensionista, empregado doméstico ou parente de empregado doméstico.

Segundo a PNAD – 2006, além das desigualdades observadas entre as Regiões Sul-Sudeste e Norte-Nordeste, o acesso desigual à coleta de lixo era também sentida entre as faixas de renda da população: os de maior renda dispunham de maior cobertura do serviço (Figura 1).



Fonte: IBGE, 2008a.

Figura 1: Percentual de moradores de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo realizada diretamente, segundo faixa de renda da população. PNAD, 2006.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, realizada pelo IBGE em 2000, evidenciou a problemática dos resíduos sólidos ao revelar que cerca de 30,3% dos resíduos domésticos coletados diariamente no País eram dispostos em vazadouros a céu aberto. A Pesquisa também mostrou que 40,7% dos resíduos eram encaminhados a Aterros Sanitários e 22,0% a Aterros Controlados (Tabela 2).

Tabela 2: Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado. PNSB, 2000.

Unidade de destino final do lixo coletado	Quantidade diária de lixo coletado (Toneladas por dia)	%
Vazadouro a céu aberto (lixão)	47.392,20	30,1
Vazadouro em áreas alagadas	237,1	0,2
Aterro controlado	34.723,70	22,0
Aterro sanitário	64.164,10	40,7
Estação de compostagem	6.534,60	4,1
Estação de triagem	2.249,60	1,4
Incineração	510,5	0,3
Locais não-fixos	878	0,6
Outra	1.018,30	0,6
Total	157.708,10	100,0

Fonte: IBGE, 2008b.

Certamente, embora os dados sejam de 2000, a realidade pouco mudou, podendo, inclusive, ter sido agravada. Apesar de não se dispor de dados mais atuais, o exemplo do Estado da Bahia pode ser emblemático para uma parte do País, principalmente dos municípios das Regiões Norte-Nordeste. Em 2000, segundo a PNSB, na Bahia 40,7% dos resíduos domésticos coletados eram dispostos em Aterros Sanitários. No entanto, em pesquisa realizada em 2006 pelo Ministério Público da Bahia foi constatada a existência de 438 pontos de disposição irregular de resíduos sólidos, entre aterros sanitários inadequados e lixões – a Bahia tem 417 municípios (Ministério Público do Estado da Bahia, 2007).

A exemplo dos aterros sanitários da Bahia, muitas dessas unidades, principalmente em municípios de médio e pequeno porte, não vêm sendo operados adequadamente, vindo a se transformar em lixões. Dentre os fatos que contribuem para essa realidade pode-se destacar a falta de condições financeiras e técnicas dos Poderes Públicos municipais para operar essas unidades, que, normalmente, são concebidas e implantadas sem considerar as realidades locais.

Dentre as diversas causas da inadequada gestão dos resíduos sólidos na maioria dos municípios brasileiros, pode-se destacar:

- Inexistência de uma política pública de resíduos sólidos.
- Limitações de ordem financeira, como orçamentos inadequados, fluxo de caixas desequilibrados, taxas desatualizadas quando existem, arrecadação insuficiente e inexistência de linha de crédito específica.
- Pouca capacidade institucional.
- Deficiência na capacitação técnica e profissional do gari ao engenheiro-chefe.
- Descontinuidade política e administrativa.
- Uso de tecnologias inadequadas às realidades institucional, operacional, à disponibilidade de recursos humanos e financeiros e aos aspectos de ordem sócio-cultural.
- Falta de programas de educação ambiental.
- Pouco envolvimento da sociedade com a problemática dos resíduos sólidos.
- Ausência de controle ambiental.



Assim, a universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil envolve uma série de decisões políticas dos diversos atores sociais. Por outro lado, os pressupostos que até pouco tempo vinham fundamentando as ações e alternativas tecnológicas no campo dos resíduos sólidos têm privilegiado o uso de tecnologias e processos que não abordam a problemática maior que é a crescente geração de resíduos descartáveis, promovida pelo padrão de consumo e estilos de vida contemporâneos. Essa visão deve ser rapidamente alterada para colocar o País no rumo do desenvolvimento sustentável.

O SISTEMA DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é composto de fases que envolvem desde a sua geração até a disposição final, entendendo-se por sistema um conjunto de partes que, interligadas, visam atingir determinados objetivos, de acordo com um planejamento elaborado com fundamentação teórico-metodológica.

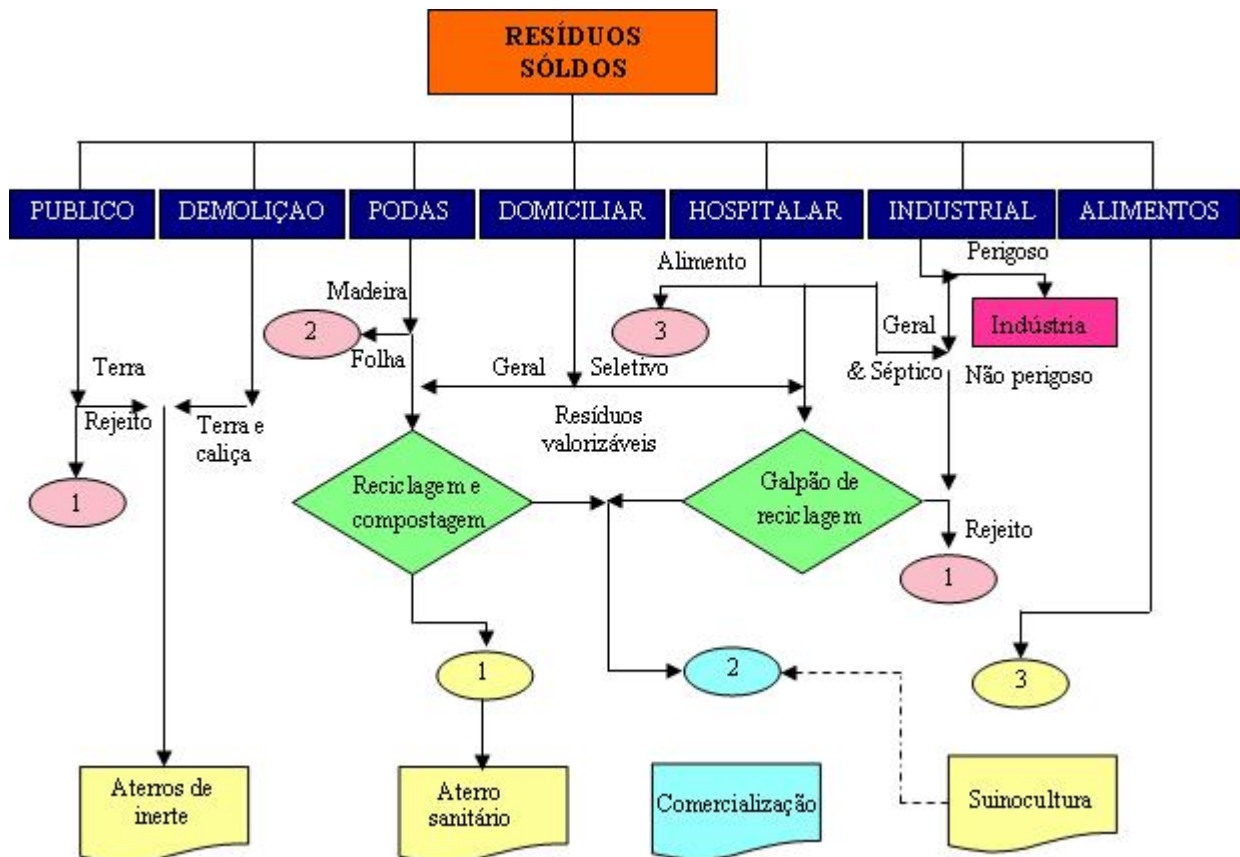
A taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos tem crescido ano a ano, e só, recentemente, a idéia de sua diminuição vem tomando corpo. O gerenciamento integrado é um conceito reconhecido que combina várias técnicas para o manejo dos distintos elementos do fluxo dos resíduos sólidos urbanos.

O modelo mais adotado para reverter a situação de deposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos em lixões é baseado no gerenciamento integrado, onde todos os elementos fundamentais são avaliados e utilizados, e todas as interfaces e conexões entre os diferentes elementos são avaliadas com o objetivo de se obter a solução mais eficaz e econômica (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIRGIL, 1993).

A *Environmental Protection Agency-EPA* dos Estados Unidos estabeleceu a seguinte hierarquia para o manejo dos resíduos sólidos: redução na origem; reciclagem; tratamento; e disposição final, cujas componentes são complementares umas em relação a outras. Esse modelo tem sido utilizado mundialmente, como ferramenta para solucionar os problemas decorrentes das quantidades crescentes de resíduos sólidos gerados (USEPA, 1989).

No Brasil, que segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 realizada pelo IBGE em 5.507 municípios, 228.413t/d de resíduos sólidos foram coletados e 82.640,3t/d tinham como destino final aterros sanitários, este tipo de gerenciamento foi iniciado na década de 90 com sua implantação em municípios como Porto Alegre, Belo Horizonte e Santo André (REICHERT, 2000).

Em de Porto Alegre, por exemplo, implantação do sistema integrado foi iniciada em 1989. Nesse município, a coleta segregada envolve quase a totalidade dos resíduos sólidos gerados diariamente nos 150 bairros da cidade de Porto Alegre. O sistema prevê a coleta diferenciada dos seguintes resíduos: domiciliares, entre comuns e orgânicos, e os seletivos (papel, papelão, plástico, metais e vidros); os resíduos de serviços de saúde, em comuns, sépticos, seletivos e restos de alimentos; os industriais, em seletivos, comuns e perigosos; os resíduos públicos, em resíduos comuns, entulhos, e outros; os resíduos arbóreos, em madeira e folhas e galharia fina (Figura 2). Os resíduos recicláveis são distribuídos diariamente em nove unidades de triagem – UT, que são formadas por diferentes associações de catadores. Além disso, a cidade conta com Pontos de Entrega Voluntária – PEV integrantes do esquema de coleta dos recicláveis. A venda do produto gera renda para as famílias envolvidas, abrangendo, no total, 1.800 pessoas (REDE URBAL, 2008). Assim, o sistema integrado caracteriza-se por dois eixos: o equacionamento da problemática de destinação de resíduos potencialmente recicláveis e a geração de trabalho e renda para segmentos vulneráveis ou excluídos do mercado de trabalho.



Fonte: REDE URBAL, 2008.

Figura 2: Modelo de gerenciamento integrado de Porto Alegre.

Pode-se observar, portanto, que o gerenciamento dos resíduos via coleta seletiva promove o destino adequado de cada fração dos resíduos. Assim, a fração orgânica é destinada para a compostagem e os vidros, metais, plásticos para a reciclagem, retornando à cadeia produtiva. Dessa forma, é possível reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para aterros, aumentando a sua vida útil, assim como diminuindo o desperdício de materiais e energia. O envolvimento de cooperativas de catadores nos projetos de coleta seletiva, por outro lado, permite a geração de emprego e renda para segmentos excluídos e marginalizados da população.

Nunesmaia (2002), por sua vez, apresenta diferentes entendimentos para o termo “gestão integrada”, inclusive podendo significar forte participação da população na definição de prioridades no modelo de gestão, e conclui que embora o termo tenha se tornado de uso global, seu conteúdo continua ambíguo, constatando-se que sua adoção ocorre segundo as conveniências do seu utilizador, com resultados bem diferentes, algumas vezes até opostos (BERTOLINI, 1998 *apud* NUNESMAIA, 2002).

Assim, Nunesmaia (2002) apresenta um outro modelo de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, intitulado de “Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Socialmente Integrada” e tem como suporte:

- o desenvolvimento de linhas de tratamento (tecnologias limpas) de resíduos sólidos, priorizando a redução e a valorização;
- a economia (viabilidade);
- a comunicação/educação ambiental (o envolvimento dos diferentes protagonistas sociais);
- o social (a inclusão social, o emprego);
- o ambiental (os aspectos sanitários, os riscos à saúde humana).

Nunesmaia (2002) acrescenta, ainda, que a integração também envolve as categorias dos protagonistas: geradores de resíduos, catadores (badameiros e catadores de papel e de latas), municípios e cooperação entre municípios; prestadores de serviços (terceiros), indústrias (indústrias de reciclagem) e que o elemento principal do modelo é a associação da redução de resíduos em sua fonte geradora, com políticas sociais municipais.

A PROPOSTA CONCEITUAL DE GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS-GISRSU

O desenvolvimento do conceito de **GISRSU** deve compreender quatro elementos fundamentais (PMPA, CNUAH e IPES, 2000):

- a integração de todos os protagonistas no sistema municipal de resíduos sólidos;
- a integração de todos os elementos da cadeia dos resíduos sólidos;
- a integração dos aspectos técnicos, ambientais, sociais, institucionais e políticos para assegurar a sustentabilidade do sistema; e
- a relação da problemática dos resíduos sólidos com outros sistemas urbanos, tais como drenagem de águas pluviais, esgotamento sanitário, recursos hídricos e abastecimento de água, saúde pública, etc.

Sistema Integrado é entendido como um sistema que:

- utiliza as distintas, porém complementares, atividades de coleta e tratamento de resíduos sólidos, considerando as diferentes escalas da cidade (domicílios, bairros, cidade);
- envolve todos os atores da área, sejam governamentais ou não, formais ou informais, lucrativos ou não, etc.;
- considera interações entre sistemas de manejo de resíduos sólidos e outros sistemas (ex.: drenagem, esgotamento sanitário, etc.).

Trata-se, portanto, de um sistema de ciclo fechado, porém como parte de um “sistema” maior e interage com outros mantendo o equilíbrio sistêmico.

Por **Integrado** entende-se:

- O uso de uma escala de diferentes opções de coleta e tratamento

A gestão de resíduos sólidos urbanos é ampliada da coleta tradicional e dos sistemas de disposição para um sistema integrado que inclua entre outros, a não geração, a redução da geração e a recuperação de resíduos. A “hierarquia de gestão de resíduos sólidos” que prioriza as diferentes opções de tratamento pode ser usada como guia geral: não geração de resíduos na fonte; redução de resíduos na fonte; reutilização; reciclagem; tratamento; e disposição final. A minimização é um novo procedimento que, ao focalizar, como ponto principal, a redução da quantidade e/ou da toxicidade do resíduo na fonte geradora, permite abordar, de forma simultânea, a prevenção dos riscos ambientais gerados pelos resíduos e a prevenção e controle da poluição ambiental que os resíduos acarretam. Reduzir os resíduos na fonte geradora significa pensar nos resíduos antes mesmo deles serem gerados, buscar formas de não gerar os resíduos, de combater o desperdício.

Moraes (2000), ao discutir a nova visão sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos, avalia que as alternativas de solução passam pela adoção de modelos integrados e sustentáveis, que considerem o momento da geração dos resíduos, passando pela maximização de seu reaproveitamento e reciclagem, até o processo de tratamento e destinação final. O autor faz referência à necessidade da mudança das práticas atuais de manejo dos resíduos, pautada na coleta, transporte e destinação final, para as que privilegiam a não geração, a redução, o reúso e a reciclagem (Figura 3).

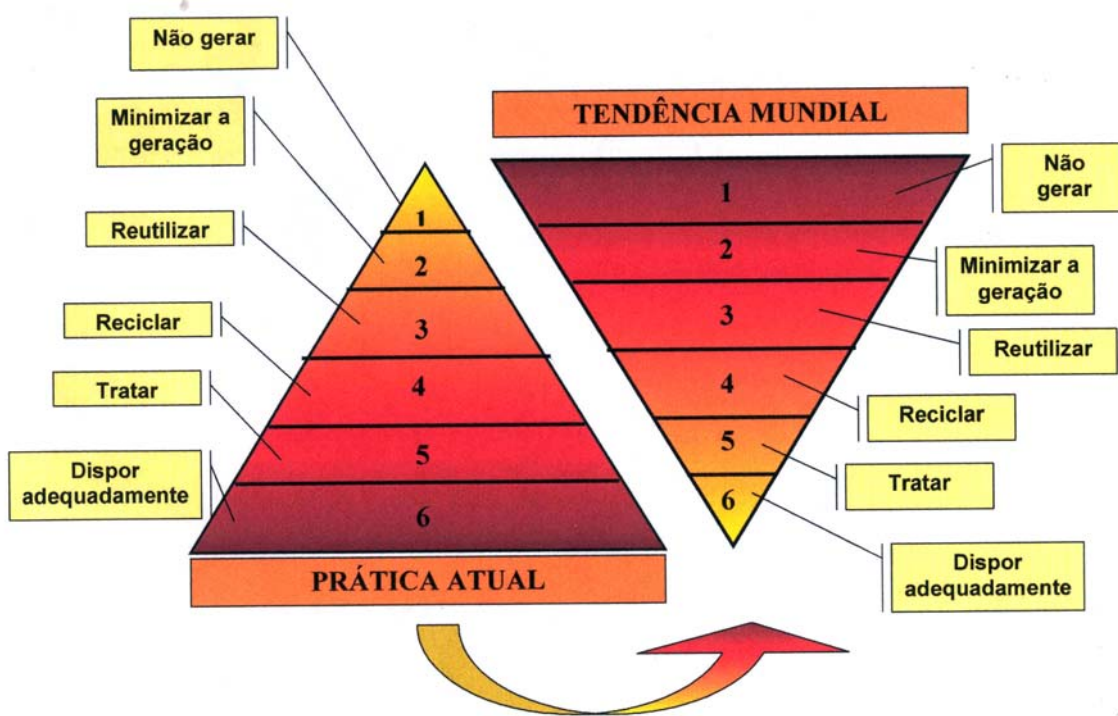


Figura 3: Mudança de paradigma da gestão dos resíduos sólidos.

- Compromisso e participação de todos protagonistas urbanos

O compromisso dos protagonistas urbanos nos processos de planejamento e implementação resultam vitais para o estabelecimento de uma **GISRSU**: primeiro, porque amplia a consciência pública e o compromisso, tão necessárias para melhorar a qualidade do ambiente urbano, em especial nas áreas onde reside a população pauperizada; segundo, porque a população, o serviço municipal e o setor privado podem ser complementares entre si e produzir assim um sistema eficiente e efetivo para a **GISRSU**; e terceiro, porque a participação da população e as cooperativas ou pequenas e micro empresas gerariam emprego e renda, além de contribuir para reduzir a pobreza.

- Interações entre o sistema de manejo de resíduos sólidos e outros sistemas relevantes

Os resíduos sólidos urbanos não coletados podem trazer diversas consequências, a saber: obstruir a drenagem natural ou os canais de drenagem e ocasionar alagamentos e deslizamentos de terra; promover a melhoria da saúde pública, não apenas através dos sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, mas por meio do melhor funcionamento dos sistemas de esgotamento sanitário, abastecimento de água; proporcionar a melhoria da salubridade ambiental e das condições de vida.

- Enfoque multidisciplinar

A **GISRSU** amplia o enfoque técnico e financeiro da gestão de resíduos sólidos urbanos, ao incluir aspectos ambientais, sociais, institucionais e políticos e requer um enfoque multidisciplinar.

Por sua vez, Sistema Sustentável é entendido como aquele que se adequa as condições locais em vários aspectos: técnico, social, econômico, financeiro, institucional e ambiental e é capaz de se auto-sustentar no tempo sem reduzir os recursos que necessita.

Para aplicar o conceito de **sustentabilidade** à gestão de resíduos sólidos urbanos, alguns critérios devem ser considerados (LARDINOIS; VAN DE KLUNDERT, 2000), como:

- **sociais e culturais:** inclui a universalização dos serviços prestados a toda a população, independente do nível sócio-econômico e grupo étnico, bem como a redução de riscos a saúde humana;

- **ambientais:** uso mais adequado dos recursos naturais e inclusão aos sistemas de ciclo fechado, minimização de resíduos, recuperação de materiais reutilizáveis e tratamento, o mais próximo possível da fonte de geração;
- **institucionais e políticos:** inclui clara divisão de atribuições entre os protagonistas locais, elaboração de legislação e regulação adequadas, instituição de processos de tomada de decisão democráticos e formação profissional das equipes técnicas;
- **financeiros:** inclui análises de todos os custos e possibilidades de recuperação dos mesmos, sistemas de taxas/tarifas/preços públicos baseados em custos reais (de forma a permitir a possibilidade de pagamento) e sistemas possíveis de ser mantidos;
- **econômicos:** incluir a redução da pobreza através da geração de emprego e renda;
- **técnicos:** incluir tecnologias apropriadas e limpas.

TECNOLOGIA APROPRIADAS PARA MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os pressupostos que até pouco tempo vinham fundamentando as ações e alternativas tecnológicas no campo dos resíduos sólidos têm privilegiado o uso de tecnologias e processos que não abordam a problemática maior que é a crescente geração de resíduos descartáveis, promovida pelo padrão de consumo e estilos de vida contemporâneos. Mais recentemente, essa abordagem vem sendo questionada dando lugar a novos enfoques que têm se pautado nas teses da minimização dos resíduos e na produção mais limpa (Quadro 1). A minimização e a recuperação de materiais proporcionam o aumento da vida útil de aterros sanitários e, conseqüentemente, uma redução do ritmo da degradação do meio ambiente.

Assim, a perspectiva a ser construída para o manejo dos resíduos sólidos deve se sustentar em outro paradigma tecnológico pautado na minimização, nas tecnologias limpas, na ecoeficiência, na análise do ciclo de vida e no eco- design. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente” (PNUD, 1989). A ecoeficiência tem por objetivo buscar a oferta de produtos e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto, progressivamente, reduzem os impactos ecológicos e a quantidade de material utilizado na produção. Esse conceito foi introduzido em 1997 pelo *World Business Council for Sustainable Development*. A análise do ciclo de vida do produto se constitui no conjunto de etapas necessárias para que um produto cumpra sua função, desde a obtenção dos recursos naturais usados na sua fabricação até sua disposição final após o cumprimento da função.

Quadro 1: Diferenças entre a tecnologia convencional e a produção mais limpa.

PONTO DE COMPARAÇÃO	TECNOLOGIA CONVENCIONAL	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Enfoque/Visão	Aceitação do inevitável lançamento de poluentes no meio ambiente.	Procedimentos que evitem a geração de resíduos/eliminação da poluição a montante dos processos.
	Tratamento/disposição final/tratamento fim-de-tubo.	Prevenção da poluição, em vez do tratamento e transporte para um destino final, prevenção de resíduos e emissões na fonte.
Controle ambiental	Adequação das emissões aos padrões exigidos: filtros e unidades de tratamento, soluções fim de tubo. Tecnologia do reparo, estocagem de resíduos.	Modificação do processo de produção, a fim de que gere menos poluente. Evitar processos e materiais potencialmente tóxicos.
	É um assunto para especialistas competentes.	É tarefa de todos.
Paradigma	Corresponde à época em que os problemas ambientais não eram conhecidos.	Abordagem que pretende criar técnicas de produção para um desenvolvimento sustentável.

Inclusive, o Projeto de Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, em tramitação no Congresso Nacional, define como princípios da Política, dentre outros:

- não-geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços;
- adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais;
- incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- preferência, nas aquisições governamentais, de produtos recicláveis e reciclados;
- adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais e regionais.

Esse Projeto de Lei ao estabelecer a classificação dos resíduos define os “resíduos sólidos reversos”, que são os resíduos restituíveis, por meio da logística reversa, visando o seu tratamento e reaproveitamento em novos produtos, na forma de insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos.

Segundo o Projeto de Lei, a logística reversa tem por objetivo:

- promover ações para garantir que o fluxo dos resíduos sólidos gerados seja direcionado para a sua cadeia produtiva ou para cadeias produtivas de outros geradores;
- reduzir a poluição e o desperdício de materiais associados à geração de resíduos sólidos;
- proporcionar maior incentivo à substituição dos insumos por outros que não degradem o meio ambiente;
- compatibilizar interesses conflitantes entre os agentes econômicos, ambientais, sociais, culturais e políticos;
- promover o alinhamento entre os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, com o objetivo de desenvolver estratégias sustentáveis;
- estimular a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis; e
- propiciar que as atividades produtivas alcancem marco de eficiência e sustentabilidade.

No Brasil, algumas experiências vem buscando incorporar novas formas de manejo dos resíduos sólidos. Pesquisas realizadas na Universidade de Brasília - UnB têm apontado a potencialidade dos resíduos da construção para a produção de novos materiais e componentes para habitações e infra-estrutura, como placas de piso, blocos de vedação, argamassas, meio-fio, etc. Foi constatado pela UnB que o entulho da construção tem potencial para a construção de moradias de interesse social, realizadas por meio de autoconstrução, permitindo economia de matéria-prima e de energia (Figura 4).



Fonte: <http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://www.espacoacademico.com.br>

Figura 4: Experiência da UnB com o uso do entulho da construção para a produção de moradias populares.

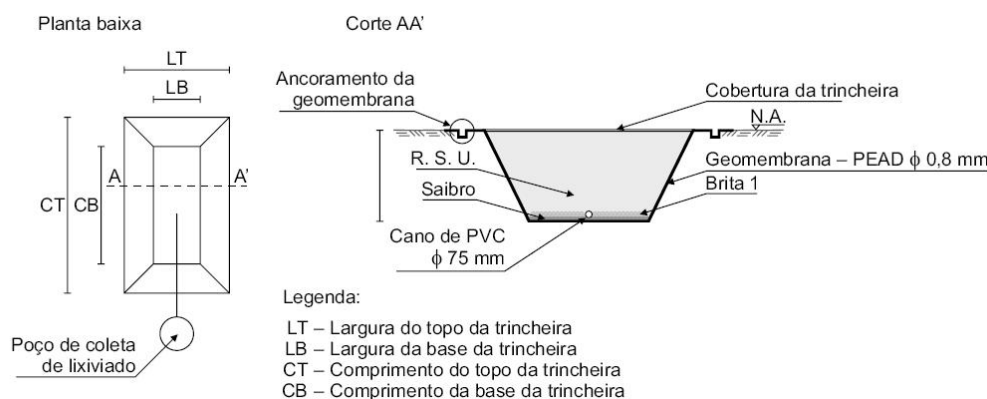
Estudos realizados por Zordan e Paulon (2000) com resíduos da construção indicaram que o entulho pode ser utilizado como agregado na confecção de concreto não estrutural destinado à infraestrutura urbana.

A destinação final dos resíduos, hoje um dos maiores desafios do País, vem sendo estudada com vistas a identificar alternativas mais viáveis do ponto de ambiental e financeiro. Para municípios de pequeno porte algumas alternativas têm sido indicadas, a exemplo do Aterro Sustentável, Aterros Sanitários em Valas tipo Cetesb, Aterros Sanitários Simplificados tipo Conder e Aterros Sanitários Manuais – CEPIS/OMS (MAY, 2007).

O **Aterro Sustentável** foi proposto pelo ProSab 3 para municípios com população até 10.000 habitantes (CASTILHOS JR., 2003), sendo caracterizado pela

[...] abertura de trincheiras onde o resíduo é disposto, que ao fim de uma jornada diária recebe uma camada de cobertura intermediária, feita, preferencialmente, com solo proveniente da escavação. Deverão ser previstos sistemas para impermeabilização, drenagem de gases e lixiviados, além da cobertura de todo o sistema [...] (GOMES; MARTINS, 2003, p.68).

A Figura 5 apresenta um desenho esquemático desse tipo de aterro.



Fonte: GOMES; MARTINS, 2003.
Figura 6: Detalhe de uma trincheira no aterro sustentável tipo PROSAB.

Os aterros sanitários em valas da Cetesb, conhecidos como trincheiras de pequenas dimensões, são recomendados para municípios que geram até 10 toneladas por dia de resíduos (CETESB, 1997 *apud* MAY, 2008), ou população até 25.000 habitantes (CETESB, 2005) e para municípios que não dispõem de recursos financeiros para aquisição de equipamentos e implantação e operação de um aterro convencional (MAY, 2008).

No caso desse tipo de aterro, os resíduos são descarregados pelas laterais em valas de largura e profundidade de, aproximadamente 3m, com preenchimento de trincheiras diária no sentido longitudinal, com o próprio solo da escavação, sem o ingresso do veículo no seu interior. O comprimento das valas dependa da configuração da área escolhida, o seccionamento da vala a cada 20m de comprimento com 0,5m de espessura de solo natural, sendo que a vida útil recomendada é de, no máximo, de um mês (MAY, 2008).

O aproveitamento energético dos resíduos sólidos tem sido uma outra tendência. Henriques (2004) constatou que no mundo existem 950 plantas de aproveitamento de gás gerado no processo de decomposição anaeróbia dos resíduos, sendo que 325 estão nos Estados Unidos, 150 na Alemanha e 135 na Inglaterra. Segundo a autora,

os aterros sanitários representam uma oportunidade de redução de emissão de metano em vários países, além de apresentarem oportunidades de geração ou recuperação de energia e produção de fertilizantes orgânicos (compostagem), que podem ser associados a um processo de reciclagem, com ganhos econômicos e

ambientais pela matéria prima virgem evitada. Alguns países como Estados Unidos e o Reino Unido criaram programas de recuperação de metano que reduzirão suas emissões de metano em 50% ou mais nas próximas décadas e que têm um ganho econômico pelas emissões evitadas e, principalmente, pela recuperação ou geração de energia (p. 62).

Por fim, é importante pontuar que a problemática dos resíduos sólidos tem vínculos com o estilo de desenvolvimento, e que seu enfrentamento depende da revisão da lógica de produção e consumo, sendo as tecnologias limpas e a gestão integrada dos resíduos sólidos, ações que deverão compor uma política mais ampla de desenvolvimento social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um sistema integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos deve prover uma estrutura básica que permita selecionar tecnologias apropriadas para a gestão e para o desenvolvimento de um sistema sustentável de resíduos.

O desafio, portanto, está colocado, tornando-se necessário, num processo de educação ambiental, a contribuição de todos os protagonistas sociais interessados na questão para a implementação desse outro modelo conceitual, visando seu desenvolvimento, bem como sua avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERTOLINI, G. Vers un nouveau concept de gestion intégrée des déchets? Madrid: Fórum du Club Européen des Déchets, 1998 apud NUNESMAIA, M.F. A Gestão de Resíduos Urbanos e Suas Limitações. *TECBAHIA Revista Baiana de Tecnologia*, Camaçari, v.17, n.1, p.120-129, jan./abr. 2002.
2. CASTILHO JUNIOR, Armando Borges de. **Resíduos sólidos urbanos. Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Aterros Sustentáveis para municípios de pequenos porte.** Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. Projeto PROSAB.
3. CETESB. **Procedimentos para implantação de Aterro Sanitário em Valas.** São Paulo: CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/ Secretaria de Meio Ambiente, 2005.
4. Environmental Protection Agency. Federal Register: **Pollution prevention policy statement.** U.S.EPA, v.54, 1989.
5. GOMES, Luciana Paulo; MARTINS, Flávia Burneis. **Projeto, implantação operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte.** In: CASTILHO JUNIOR, Armando Borges de. Resíduos sólidos urbanos. Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. Aterros Sustentáveis para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. Projeto PROSAB.
6. HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma abordagem Tecnológica.** 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
7. IBGE. **Pesquisa de Amostra de Domicílios – PNAD. Banco de dados. 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2008a.
8. LARDINOIS, I.; VAN DE KLUNDERT, A. **Integrated Sustainable Waste Management (ISWM).** The Netherlands: Waste, 2000. 7p. Não publicado.
9. MAY, Mário Sérgio Soares. **Contribuição para construção de instrumento para análise e avaliação de aterros simplificados de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte.** 2008. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
10. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2005. Sistema Nacional de Informação em Saneamento – SNIS. Banco de dados. 2005.** Disponível em: <<http://www.pmss.snis.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2008b.
11. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA. **Desafios do lixo.** Salvador: MPB, 2007.
12. MORAES, Luiz Roberto Santos. **Gestão Integrada e Sustentável de Resíduos Sólidos: um novo paradigma.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE NA BAHIA, II., 2000, Salvador.



- Anais...** Salvador: UFBA/UNEB/UEFS/UESB/UCSAL/UNIFACS/CEFET-BA/Ministério Público da Bahia/EXPOGEO, 2000. p. 258-260.
13. NUNESMAIA, M.F. **A Gestão de Resíduos Urbanos e Suas Limitações.** *TECBAHIA Revista Baiana de Tecnologia*, Camaçari, v.17, n.1, p.120-129, jan./abr. 2002.
 14. Prefeitura Municipal de Porto Alegre; Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos; Instituto de Promoción de la Economía Social. *Gestión Integrada y Sostenible de Residuos Sólidos em Ciudades de América Latina y el Caribe.* Propuesta. Porto Alegre, Lima, 2000. 6p. Não publicado.
 15. Rede URBAL – **Projeto “R Que R. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos em Porto Alegre. Reciclagem, Participação Política e Gênero: As Múltiplas Faces de uma Experiência Local. Manual de Boas Práticas – A Experiência de Porto Alegre.** Disponível em: <http://www.rquer-urbal.com/pdf2/ManualURBAL.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2008.
 16. REICHERT, G.A. O Modelo de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Implantado em Porto Alegre. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, IX., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1724-1738.
 17. TCHOBANOGLOUS, G; THEISEN, H.; VIRGIL, S. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues.** New York: McGraw-Hill, 1993. 978p.
 18. ZORDAN, S. E.; PAULON, Vladimir A. **A Utilização do entulho como agregado para o concreto.** EPUSP/ PCC. São Paulo, 2000.