

3. JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO

3.1. Histórico de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Por todo o longo período em que a humanidade se restringia a poucos milhões de habitantes vivendo como caçadores-coletores, seus resíduos eram facilmente integrados à natureza, por serem basicamente restos de alimentos e resíduos orgânicos rapidamente degradados ou consumidos por outros animais. Com o advento da agricultura, a sedentarização do homem se tornou possível, fazendo com que o mesmo tivesse que passar a conviver com seus resíduos, ainda prontamente assimilados pelo ambiente como fertilizantes orgânicos (PONTING, 1991).

O lixo – ou resíduo sólido – passaria a ser um problema apenas após a fixação do homem em propriedades privadas, quando o avanço das sociedades passou a permitir que algumas pessoas exercessem atividades não diretamente relacionadas à produção de alimentos, como os artesãos e ferramenteiros, militares e sacerdotes religiosos, os quais rapidamente passaram a viver em comunidades fixas – as primeiras cidades (ROCHA, 1992).

Ao longo de muitos séculos, as cidades se mantiveram como fortificações muradas, com condições de pouca salubridade para suas populações em função da constante convivência com o lixo e excrementos, tornando-as particularmente vulneráveis a epidemias. Um exemplo foi a chamada “Peste Negra”, que atingiu a Europa, reduzindo sua população total de aproximadamente 80 milhões para 50 milhões de habitantes, entre 1348 e 1361 (PONTING, 1991; CARTWRIGHT e BIDDISS, 1972).

Somente no século XIX, algumas das correlações entre doenças e condições pouco salubres de convivência da população com lixo em centros urbanos foram cientificamente comprovadas e aceitas, ainda que mediante polêmica e sob protestos de pesquisadores influentes e respeitados (DE KRUIF, 1926). Assim, em plena maturidade da Revolução Industrial é que se passou a considerar importante o asseio pessoal e coletivo, tanto dos mais abastados quanto o das grandes massas que habitavam os centros urbanos como mão-de-obra para a indústria emergente. A partir de então, técnicas mais apuradas de tratar e de dispor os resíduos gerados nos centros urbanos passaram a ser pesquisadas e desenvolvidas. No geral, os poucos sistemas de coleta de resíduos existentes no final do século XIX eram de tração animal e simplesmente afastavam os resíduos para fazendas no entorno das cidades, onde os mesmos eram utilizados na alimentação de porcos ou abandonados no ambiente sem qualquer preocupação sanitária (BADER e ENGWEILLER, 1999; TCHOBALOGLOUS, THEISEN e VIGIL, 1993).

Ao longo do século XX, problemas ligados à disposição final começam a se multiplicar. A seleção de áreas para o tratamento e a disposição final de resíduos foi se tornando cada vez mais complexa em função de pressões contrárias das vizinhanças que se consideram direta ou indiretamente afetadas, tornando difícil viabilizar empreendimentos para estes fins próximos aos grandes centros urbanos (HARDIN, 1968).

As síndromes de “não no meu quintal”, verificada no caso de vários empreendimentos e particularmente em relação à proximidade de sistemas de tratamento e disposição de

resíduos, tornou-se cada vez mais comum, dificultando a ação de profissionais responsáveis pela gestão de resíduos das comunidades (TATO e SINGER, 1991; GUERRA, 1991; PETTS, 1994). Tais reações estão fortemente associadas à percepção de risco de contaminação por empreendimentos de tratamento e disposição final de resíduos, a qual é comumente destacada dos riscos reais e efetivos associáveis a estes empreendimentos como a tantos outros que causem apreensão das vizinhanças, por mais que os riscos sejam objetivamente controlados e reduzidos (SLOVIC, 1987).

A solução que vem sendo encontrada para tal conflito é a participação pública associada a um maior grau de transparência, de modo a prover um compromisso mais efetivo de manutenção de práticas operacionais adequadas ao longo da vida útil do empreendimento (GREENBERG, 1991; KUSTERER, 1991; BURKART, 1994).

Outra via cada vez mais defendida para reduzir tais conflitos é o estímulo às práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos, cujos custos têm se demonstrado mais elevados e os resultados, mais limitados do que o esperado (MACDONALD e VOPNI, 1994; GILNREINER, 1994; DEAN, 1995). Mesmo a custos mais elevados e inicialmente com resultados aparentemente mais limitados, a atitude de reduzir, reusar e reciclar parece ser a única saída viável para, em longo prazo, minimizar o conflito crescente quando novas áreas ou novas unidades se fizerem necessárias para implantação de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

3.2. Fatores Condicionantes do Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Os três fatores condicionantes relacionados ao tratamento de resíduos sólidos urbanos são: o aspecto intrínseco de geração de rejeitos e resíduos nas atividades humanas; o crescimento da população mundial desde o início da Era Cristã até os dias atuais; e a crescente concentração do contingente populacional em áreas urbanas (WHITE Jr., 1967).

3.2.1. Geração de Rejeitos como Aspecto Intrínseco às Atividades Humanas

Mesmo uma visão antropocêntrica e utilitarista, na qual o ser humano é visto apenas como usuário de recursos naturais e não como beneficiário integrado aos mesmos, que é uma visão mais holística equilibrada, reconhece que as atividades humanas geram, inevitavelmente, resíduos que desafiam a busca do desenvolvimento sustentável conforme definido pela Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991).

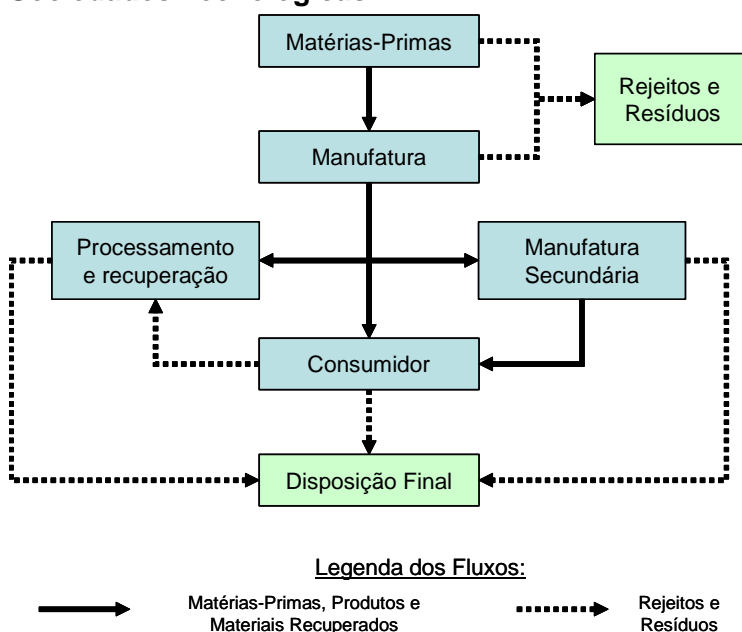
A definição de Desenvolvimento Sustentável, analisada à risca, indicaria que este conceito só é atingido em uma sociedade onde não se geram resíduos ou a totalidade dos mesmos é reaproveitada, porém a situação atual de gerenciamento de resíduos sólidos em todo o mundo está longe de concretizar tal meta (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993; DIAZ *et al.*, 1996; NAAR, 1991).

O próprio conceito de desenvolvimento sustentável tem, reconhecidamente, limites e contradições (REDCLIFT, 1987; FOLADORI, 2001), uma vez que do ponto de vista da geração de resíduos, não basta uma comunidade isolada se tornar sustentável se as demais comunidades continuarem a manter padrões não sustentáveis (MURRAY, 2002).

Um dos aspectos que dificultam a busca de situações mais próximas à sustentabilidade pretendida pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento é a reprodução em comunidades de países menos desenvolvidos, nos dias de hoje, de padrões de consumo cada vez mais aproximados daqueles das comunidades dos países do chamado “primeiro mundo” (GALBRAITH, 1958; PACKARD, 1965; DURNING, 1992; COINTREAU-LEVINE, 1994; DIAZ *et al.* 1996; WESTRA e WERHANE, 1998). Mesmo que os indicadores de qualidade de vida aumentem lentamente, os níveis de consumo vêm aumentando rapidamente (SCHEUCH, 1994), trazendo consigo maiores gerações de resíduos (HAMNET, 1991; UNEP, 2002).

Nas atuais sociedades tecnológicas, para se atingir o consumidor de bens e produtos manufaturados, são utilizadas matérias-primas que podem passar por um ou mais estágios de transformação manufatureira, gerando rejeitos e resíduos. Parte dos materiais descartados pelos consumidores é passível de processamento e recuperação, ao passo que outra parte não pode ser aproveitada, sendo encaminhada para disposição final no meio ambiente. (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993). Tais fluxos são ilustrados na **Figura 3.1** a seguir.

Figura 3.1. - Fluxos de Materiais e a Geração de Resíduos para Disposição Final em Sociedades Tecnológicas



Fonte: Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993.

3.2.2. Crescimento Populacional Mundial

O segundo fator a se considerar na questão do gerenciamento de resíduos sólidos é o crescimento populacional. O número de habitantes das comunidades passou a ser considerado como algo preocupante no final do século XVIII (MALTHUS, 1982). Segundo

esse autor, o crescimento demográfico ocorre numa projeção muito mais acelerada que a capacidade de reprodução dos recursos naturais, tendendo a uma situação de colapso.

O conceito básico do pensamento malthusiano voltaria à voga no final da década de 1960 (DESMOND, 1965) e no início da década de 1970, quando a Organização das Nações Unidas passou a se manifestar abertamente sobre a questão, gerando tanto defesas apaixonadas a respeito da necessidade de se impor limites ao crescimento populacional (EHRlich, 1968; EHRlich e HOLDREN, 1971; EHRlich e EHRlich, 1970), quanto críticas a esses posicionamentos pessimistas e catastróficos sobre o aumento populacional (IDIART, 1967; GALLO, 1970).

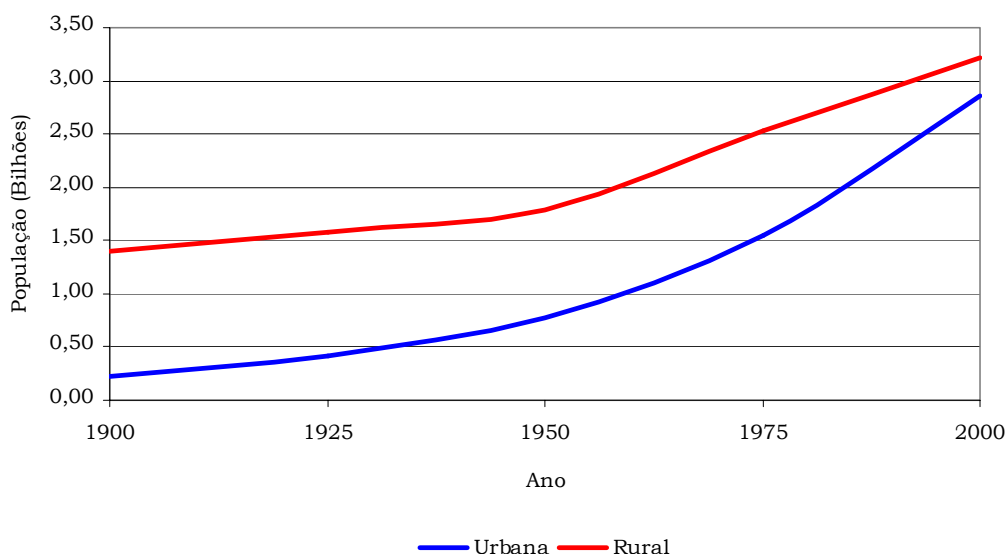
Mas o fato é que, com o crescimento da população, ocorre um inegável aumento na pressão por recursos naturais, detectado de forma bastante contundente já no início dos anos 70 pelas discussões do chamado Clube de Roma (MEADOWS *et al.*, 1972), sendo hoje aceito entre vários autores que há limites nos ganhos tecnológicos capazes de superar tais pressões (FERKISS, 1993), criando uma situação na qual é comum associar-se riscos ambientais a riscos demográficos (TORRES, 2000).

3.2.3. Concentração da População em Áreas Urbanas no Século XX

O terceiro fator preocupa sobremaneira a gestão de resíduos sólidos, pois pela primeira vez na história da humanidade, em breve (previsão para o intervalo entre 2015 e 2020) haverá mais pessoas habitando nas cidades do mundo do que no campo.

Em 1900, apenas 14% da população mundial habitava as cidades, o que passou para 21% da população total do planeta em 1925, 30% em 1950 e 38% em 1975, atingindo 47% em 2000 – daí a previsão de que haverá mais do que 50% da população do planeta concentrada em áreas urbanas no horizonte próximo (**Figura 3.2**).

Figura 3.2. - Intensificação do Crescimento Populacional Urbano no Século XX



O problema associado à intensificação da urbanização em todo o mundo é que a “pegada ecológica” (“*ecological footprint*”), isto é a pressão sobre os recursos naturais, dos centros urbanos tende a ser muito maior do que a das áreas não urbanas, seja para a obtenção de água (por exemplo: necessidade de extensas áreas de mananciais para a produção de água para o abastecimento urbano), seja para a produção de alimentos (uso de grandes áreas rurais para a produção industrial de grãos, hortaliças, animais de corte, etc.), ou para a disposição final de resíduos (UNEP, 2002).

Especificamente para a disposição final de resíduos, o desafio adicional é o de selecionar áreas que não sejam nem muito distantes dos centros geradores a ponto de inviabilizar seu transporte, e tampouco dentro do mesmo, a ponto de fazer com que as populações das comunidades do entorno imediato consigam inviabilizar sua utilização para a disposição final de resíduos (BURKHART, 1994; CHARNPRATHEEP, ZHOU e GARNER, 1997).

Em consequência, os desafios das administrações urbanas têm sido particularmente complexos em vários aspectos, dentre os quais a gestão adequada de resíduos sólidos, notadamente o seu tratamento e sua disposição final adequada, devido tanto à alteração dos padrões de consumo e quanto ao aumento de geração *per capita* de resíduos impulsionado pelo incremento populacional, principalmente dos centros urbanos.

3.3. Aspectos Gerais da Disposição Final de Resíduos Sólidos em Bragança Paulista

3.3.1. Grupos Geradores de Resíduos Atendidos pelo Aterro

O **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** recebe resíduos desde a década 80, mas o registro sistemático das quantidades dispostas é mais recente. No período entre 1982 e 1996, os registros existentes indicam que eram dispostos no aterro resíduos urbanos (domésticos e de limpeza pública) e industriais compatíveis com a finalidade do aterro.

A partir de 1997, o aterro sanitário da **Embralixo** passou a receber também entulhos. No ano de 2007, foram dispostas 130 t/dia de resíduos, sendo: 121 t/dia de resíduos urbanos e 9 t/dia de entulho. Não foram recebidos resíduos industriais neste ano.

3.3.2. Quantificação dos Resíduos Sólidos Urbanos gerados em Bragança Paulista

3.3.2.1. Estimativa das Cotas per capita de Geração de Resíduos

A primeira forma de estimar as quantidades de resíduos gerados em um Município é por meio da metodologia adotada pela CETESB em seu Inventário de Resíduos Sólidos Domiciliares.

Tais estimativas se baseiam em valores assumidos de cotas de geração *per capita* de resíduos conforme as populações das cidades, conforme o **Quadro 3.1**.

Quadro 3.1. - Cotas de Geração *per capita* de Resíduos Domésticos

População	Cota de Geração <i>per capita</i> Adotada
Até 100.000 habitantes	0,4 kg/hab. X dia
Entre 100.001 e 200.000 habitantes	0,5 kg/hab. X dia
Entre 200.001 e 500.000 habitantes	0,6 kg/hab. X dia
Acima de 500.001 habitantes	0,7 kg/hab X dia

Fonte: CETESB, 2007.

Esses valores são adotados para aqueles Municípios nos quais não ocorre a pesagem dos resíduos de forma rotineira, sendo que para aqueles nos quais há pesagem nos respectivos aterros sanitários, os valores podem ser diferentes.

Adotando-se o valor contido no **Quadro 3.1**, que considera a cota de geração *per capita* de 0,5 kg/hab. X dia computada a partir da estimativa populacional com base no Censo do IBGE, a quantidade de resíduos gerados em Bragança Paulista seria, em 2007, de 66,6 ton/dia¹.

Como esse critério induz a diferenças entre as quantidades estimadas e a realidade, optou-se por estimar as cotas de geração *per capita* de resíduos através de outros dados, considerando-se as pesagens totalizadas no aterro sanitário da **Embralixo** em Bragança Paulista entre 1990 e 2007 e os valores de cotas *per capita* apontados na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 do IBGE.

Com base nas informações da Fundação SEADE para Bragança Paulista e em medições de pesagem de resíduos urbanos domésticos dispostos no aterro sanitário da **Embralixo**, desenvolveu-se um quadro capaz de indicar os valores prováveis de cota de geração *per capita* destes resíduos, em função dos níveis de atendimento por coleta na área urbana (94% para 1990, 97% para 1996 e 100% para 2002, com valores dos anos intermediários interpolados aritmeticamente).

Os valores resultantes são mostrados no **Quadro 3.2**.

Os valores de cota de geração *per capita* de resíduos urbanos e domésticos do Município de Bragança Paulista resultam substancialmente mais elevados do que os valores assumidos pela CETESB.

¹ Segundo SEADE, em 2007, a população de Bragança Paulista era de 145.210 hab, sendo 133.245 hab. residentes na área urbana.

Quadro 3.2. - Estimativa da Cota de Geração *per capita* de Resíduos Urbanos Domésticos de Bragança Paulista

Ano	Resíduos Domésticos (ton/ano)	População Urbana (1) (hab.)	Geração de Lixo (kg/hab. dia) (2) 100%	Nível de Atendimento (%)	Geração de Lixo (kg/hab. dia) x Atendimento	Notas
1990	20.935	88.794	0,646	94,00	0,607	1
1991	23.527	87.996	0,733	94,50	0,692	
1992	23.514	90.395	0,713	95,00	0,677	
1993	25.110	92.877	0,741	95,50	0,707	
1994	25.975	95.426	0,746	96,00	0,716	
1995	29.872	97.960	0,835	96,50	0,806	
1996	34.106	100.491	0,930	97,00	0,902	1
1997	35.471	103.049	0,943	97,50	0,919	
1998	36.644	105.656	0,950	98,00	0,931	
1999	38.310	108.294	0,969	98,50	0,955	
2000	38.835	110.856	0,960	99,00	0,950	
2001	38.705	113.999	0,930	99,50	0,926	
2002	40.925	117.202	0,957	100,00	0,957	1
2003	50.235	120.465	1,211	100,00	1,211	2
2004	39.328	123.794	0,930	100,00	0,930	
2005	40.577	127.186	0,939	100,00	0,939	
2006	42.718	130.215	0,899	100,00	0,899	
2007	44.122	133.245	0,907	100,00	0,907	

Notas:

1) Valores de nível de atendimento obtidos no banco de dados da Fundação SEADE;

2) Valores aparentemente influenciados por haver se recebido resíduos de Atibaia por alguns meses.

3.3.2.2. Tipos e Quantidades de Resíduos dispostos no Aterro da Embralixo

O **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** recebe resíduos desde a década 80 conforme visto, mas o registro sistemático das quantidades dispostas começou partir de 1990, quando da instalação de balança rodoviária na entrada da área do aterro.

Sendo assim, para fins deste trabalho, a estimativa das quantidades de resíduos no aterro foi feita considerando-se dois períodos distintos, e adotando-se formas distintas de cálculo para cada um deles. Os períodos considerados foram 1982-1990 e 1991-2008 (até outubro).

No **Anexo 3** são apresentadas as hipóteses de cálculo e os cálculos efetuados, bem como os dados das empresas que enviaram resíduos ao aterro desde o início das operações.

Os resultados são apresentados, de forma resumida nos **Quadros 3.3 a 3.6**, a seguir.

Quadro 3.3. - Estimativa das Quantidades e Volumes de Resíduos Dispostos no Aterro (Período 1982 – 1990)

Ano	Quantidade de Resíduos (1) (t/ano)			Volume Acumulado de Resíduos (2) (m³/ano)		
	Lixo	Resíduo Industrial	Total	Lixo	Resíduo Industrial	Total
1982	15.937	1.357,8	17.295	14.166	1.086	15.252
1983	16.524	1.357,8	17.882	28.854	2.172	31.027
1984	17.126	1.357,8	18.484	44.077	3.259	47.336
1985	17.744	1.357,8	19.102	59.850	4.345	64.195
1986	18.377	1.357,8	19.735	76.185	5.431	81.616
1987	19.026	1.357,8	20.384	93.097	6.517	99.615
1988	19.691	1.357,8	21.049	110.600	7.604	118.204
1989	20.371	1.357,8	21.729	128.708	8.690	137.398
1990	21.066	32.111,0	53.177	147.433	34.379	181.812

Obs.:

(1) Valores anuais absolutos;

(2) Valores anuais acumulados, compactados no aterro e considerando abatimento igual a 20%.

Quadro 3.4. - Quantidades de Resíduos Dispostos no Aterro (Período 1991 – 2008)

Ano	Quantidade de Resíduos (1) (t/ano)				Volume Acumulado de Resíduos (m³/ano)			
	Urbano	Res. Ind.	Entulho	Total	Urbano	Res. Ind.	Entulho	Total
1991	20.935	29.964	0	50.899	18.609	23.971	0	42.580
1992	23.527	26.918	0	50.445	39.522	45.506	0	85.027
1993	23.514	20.650	0	44.164	60.423	62.026	0	122.449
1994	25.111	16.443	0	41.554	82.744	75.180	0	157.924
1995	25.975	28.443	0	54.418	105.833	97.934	0	203.767
1996	29.872	17.444	0	47.316	132.386	111.890	0	244.275
1997	34.106	22.813 (2)	0	56.919	162.702	130.140	0	292.842
1998	36.644	16.984	1.842	55.470	195.275	143.727	1.275	340.277
1999	38.310	28.755	1.426	68.491	229.328	166.731	2.262	398.322
2000	38.835	22.177	1.318	62.330	263.848	184.473	3.175	451.496
2001	38.705	27.921	2.561	69.187	298.252	206.810	4.948	510.010
2002	40.926	35.091	3.150	79.167	334.631	234.882	7.129	576.642
2003	39.270	17.799	3.031	60.100	369.538	249.122	9.227	627.886
2004	39.328	12.782	2.714	54.824	404.496	259.347	11.106	674.949
2005	40.577	18.018	4.082	62.677	440.564	273.762	13.932	728.258
2006	42.718	6.820	3.437	52.975	478.517	276.511	18.654	773.682
2007	44.122	0	3.329	47.451	517.756	276.511	20.958	815.225
2008	36.759	0	3.342	40.100	550.430	276.511	23.272	850.213

Obs.:

(1) Registros da Embraliço;

(2) A quantidade de resíduos industriais foi estimada pela média dos outros anos.

Valores de 2008 incluem até o mês de outubro.

Quadro 3.5. - Resumo das Quantidades de Resíduos Dispostas no Aterro desde 1982

Período	Quantidade Acumulada de Resíduos (t)				Local
	Lixo	Res. Ind.	Entulho	Total	
1982 a 1990	165.862	42.973	0	208.836	Aterro do Projeto da CETESB
1991 a 2008	619.234	345.639	33.615	998.488	Aterro do Projeto da Embraliço
TOTAL	785.097	388.612	33.615	1.207.323	---

Quadro 3.6. - Resumo dos Volumes Acumulados de Resíduos no Aterro desde 1982

Período	Volume Acumulado de Resíduos (m³)				Local
	Lixo	Res. Ind.	Entulho	Total	
1982 a 1990	147.433	34.379	0	181.812	Aterro do projeto da CETESB
1991 a 2006	550.430	276.511	23.272	850.213	Aterro do projeto da Embraliço
Total	697.864	310.890	23.272	1.032.025	---

3.3.2.3. Iniciativas de Redução de Resíduos em Bragança Paulista

No que se refere às iniciativas de redução de resíduos sólidos – coleta seletiva, reciclagem e programas de educação ambiental – o Município de Bragança Paulista não possui ainda um programa organizado direcionado aos resíduos sólidos.

Entretanto, tal iniciativa é prevista no Plano Diretor, o qual considera prioridade a implementação da gestão do saneamento ambiental no Município de Bragança Paulista, em consonância com as políticas estadual e federal de saneamento.

O Art. 115 define como diretrizes específicas para a gestão dos resíduos sólidos:

“I - conscientização da população para a necessidade de minimizar a produção dos resíduos sólidos;

II - ampliação e fortalecimento das ações para coleta seletiva na cidade, ainda que no âmbito privado e nos termos da lei; e

III - incentivo à formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis”.

Nesse sentido, o Plano Diretor reconhece que:

- Deverá ser estimulada a coleta seletiva do lixo urbano, promovendo a inclusão social dos agentes coletores, visando à destinação dos materiais coletados à reciclagem por agentes privados que desejem fazê-lo sem ônus para o Município;
- Deverá ser desenvolvido um programa de educação junto à população, referente à triagem dos resíduos nos domicílios; e
- Deverá ser estimulada a criação de empresas processadoras de resíduos sólidos da construção civil.

Uma lei específica determinará as exigências para a instalação de empresas de reciclagem e atividades alternativas, definindo locais, normas e condições de funcionamento.

No que se refere à educação ambiental, a Secretaria Municipal de Educação é integrante de um projeto de caráter nacional denominado “Coletivo”, que na região de Bragança é denominado “Coletivo Mantiqueira”, destinado à formação de “coletivos educadores” que constituem conjuntos de instituições que atuam em processos formativos permanentes, participativos.

O “Coletivo Educador” é um resultado e um realizador do Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA) e do Programa Nacional de Formação de Educadoras e Educadores Ambientais (ProFEA) do Ministério do Meio Ambiente.

O papel de um “Coletivo Educador” é promover a articulação institucional e de políticas públicas, a reflexão crítica acerca da problemática socioambiental, o aprofundamento conceitual e criar condições para o desenvolvimento continuado de ações e processos de formação em educação ambiental com a população dos Municípios abrangidos pelos programas, visando à sinergia dos processos de aprendizagem que contribuem para a construção de territórios sustentáveis.

O “Coletivo Mantiqueira” abrange os Municípios localizados na região do Comitê Federal das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. É composto pelos Municípios onde se situam as cabeceiras das sub-bacias dos rios Jaguari e Atibaia: Extrema, Itapeva e Camanducaia no Estado de Minas Gerais; e Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Joanópolis, Nazaré Paulista, Piracaia e Vargem, no Estado de São Paulo. A maioria desses Municípios faz parte do Sistema Cantareira, o maior sistema produtor de água para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

Nesse Programa são oferecidos cursos de formação de multiplicadores de agentes socioambientais com atividades presenciais e a distância, que atuarão como multiplicadores em suas comunidades, por meio de ações práticas de educação ambiental.

Em cada Município participante do “Coletivo Mantiqueira”, formou-se ou está em formação um Coletivo Educador Local, que tem por objetivo articular a rede de Educação Ambiental municipal integrada à rede regional, promovendo a sustentabilidade socioambiental através de processos educacionais.

Em Bragança Paulista, o coletivo educador local é denominado “Coletivo Socioambiental” o qual possui proposta de desenvolver ações de educação ambiental com o envolvimento de diversos segmentos da sociedade com objetivando a promoção de ações concretas visando à construção da sustentabilidade socioambiental por meio da educação.

Com a proposta de formação de agentes socioambientais para a realização de projetos de interação socioambiental, o Coletivo Socioambiental de Bragança Paulista envolve um público alvo bastante variado: crianças, jovens e adultos em escolas, igrejas, entidades e grupos sociais, empresas, condomínios, etc.

Os projetos apresentam grande diversidade de temas, como coleta de óleo de cozinha, consumo consciente, coleta seletiva, 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), proteção e racionalização do uso da água, compostagem, entre outros. O curso é gratuito e tem duração de três meses, com 150 horas de atividades diversas onde a metodologia praticada através de encontros presenciais, ensino à distância, participação em atividades comunitárias e a implantação de um projeto de educação ou mobilização relacionado às questões ambientais.

No Município de Bragança Paulista foi firmada uma parceria entre a Secretaria Municipal de Educação e a empresa Cogumelo que realiza a coleta de plásticos selecionados. Esta

empresa, com uma filial no Município, realiza a coleta do material e em troca doa para as escolas bancos de plástico produzidos com o próprio material coletado.

Esta é a única forma de coleta seletiva presente no Município, entretanto, existe a iniciativa do Governo local de implantar a Coleta Seletiva Municipal no primeiro semestre de 2009, e a ação dos coletivos educadores irá reforçar este projeto municipal.

3.3.3. Sistemas de Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos existentes no Município e na Região

O Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, realizou em 2006 uma pesquisa nos 62 Municípios que compõem as Bacias PCJ, com o objetivo de diagnosticar a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, para apoiar as discussões e tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos.

O **Quadro 3.7** apresenta a síntese dessa pesquisa, para os Municípios de interesse, na região de Bragança Paulista.

Quadro 3.7. - Diagnóstico da Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares nas Bacias Piracicaba – Capivari – Jundiá (2006)

Situação da Gestão	Municípios									
	Atibaia	Bom Jesus dos Perdões	Bragança Paulista	Joanópolis	Nazaré Paulista	Pedra Bela	Pinhalzinho	Piracaia	Tuiuti	Vargem
Resíduos domiciliares gerados (t/dia)	85	10	120	7	15	2	12	20	1,8	4
Resíduos gerados por hab. (kg/hab/dia)	0,763	0,751	0,960	0,672	1,035	0,356	1,090	0,0856	0,354	0,573
População atendida por serviço de coleta domiciliar	94%	90%	100%	90%	70%	100%	100%	70%	100%	98%
Coleta de resíduos vegetais (t/mês)	DND*	1	DND	10	0,5	DND	DND	80	0,02	0,4
Destino dos resíduos vegetais	DND*	Aterro	DND	DND	Aterro	DND	DND	Vala sanitária	Lixão	Aterro
Coleta de resíduos inertes (t/ mês)	200	2	DND	20	2	DND	40	120	0,04	6
Destino dos resíduos inertes	Aterro	DND	Anexo	Recup. de estradas	Depósito	DND	DND	Aterro	Lixão	Recup. de estradas
Coleta de resíduos de serviço de saúde (kg/ mês)	3.480	690	DND	990	600	100	300	DND	100	100
Taxa resíduo de serviço saúde por habitante (kg/hab/ mês)	0,031	0,051	DND	0,095	0,041	0,018	0,027	DND	0,020	0,014
Destino dos RSS*	Inciner.	Aterro	Embralixo	Tratamento	Inciner.	Empresa IM4	Inciner.	DND	Aterro/Inciner	Sterlix
Número de cooperativas	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Número total de catadores cooperados	128	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Disposição de resíduos domiciliares	Aterro	Lixão	Aterro	Aterro	Aterro	Aterro / Valas	Aterro	Aterro	Lixão	Aterro/Valas
Órgão responsável	SAAE	Setor de Obras	Meio ambiente	Setor de Obras	Setor de Serviços	Setor de Obras	Prefeitura	Setor de Obras	Serviço Público	Setor de Obras
Condição do local de disposição	Adequado	Adequado	Controlado	Controlado	Adequado	Controlado	Inadeq.	Inadeq.	Inadeq.	Controlado
Vida útil do aterro (Anos)	26	8	Esgotado	20	20	100	2	4	Esgotado	Esgotado
Índice de Qualidade / Aterro de Resíduos	9,4	9,4	7,4	7,6	8,6	7,2	4,8	4,4	7,5	4,3

Fonte: www.agua.org.br/Html/saneamento/Planilha_Eletronica_Residuos.xls (última atualização: 14/04/2008).

Para complementação das informações, foram realizadas visitas de campo breves às áreas de disposição final dos Municípios considerados. Os resultados dessas visitas aos demais Municípios são apresentados a seguir.

Cumprе salientar que as informações sobre a quantidade de resíduos geradas e o IQR referem-se a 2007, conforme o Inventário dos Resíduos Sólidos da CETESB.

a) Atibaia

Os resíduos do Município de Atibaia são coletados pelo SAAE – Saneamento Ambiental de Atibaia, de maneira terceirizada para a empresa CONSTURBAN Engenharia e Construção Ltda., com sede em Atibaia.

Gerando 59 t/dia, os resíduos domésticos e comerciais são levados ao aterro sanitário da Central de Deposição de Resíduos CDR - Pedreira, situado na estrada da Barrocada, 7450 – bairro do Tremembé, em São Paulo. O CDR - Pedreira está distante 47 km de Atibaia, via rodovia Fernão Dias. O CDR - Pedreira é uma das unidades da ESTRE – Empresa de Saneamento e Tratamento de Resíduos Ltda. O IQR deste aterro é 9,6, sendo o mesmo considerado “adequado” (CETESB, 2007).

Já os resíduos de serviços de saúde e hospitalares gerados em Atibaia são levados para tratamento sobre microondas para Campinas na MB Engenharia, enquanto os materiais inertes (resíduos de demolição e entulhos em geral) são depositados no aterro controlado de Atibaia, no bairro de Caetetuba/Colibri, distante 10 km do centro da cidade.

b) Bom Jesus dos Perdões

Bom Jesus dos Perdões também tem sua coleta de lixo feita de maneira terceirizada pela empresa CONSTURBAN Engenharia e Construção Ltda.

Com uma geração de resíduos da ordem de 5,6 t/dia, os resíduos domésticos e comerciais são levados ao aterro sanitário da Central de Deposição de Resíduos CDR - Pedreira, situado na estrada da Barrocada, 7450 – bairro do Tremembé, em São Paulo (mesmo local de disposição utilizado por Atibaia). O CDR - Pedreira está distante 58 km de Bom Jesus dos Perdões, e seu acesso é feito pelas rodovias D. Pedro I e Fernão Dias. Possui um IQR de 9,7, classificado como “adequado”.

c) Joanópolis

Joanópolis produz 5 t/dia e possui duas áreas de disposição de resíduos, sendo uma para materiais inertes, distante 3 km da cidade por acesso em terra (atrás do clube de campo), que é o antigo “lixão”, onde não há mais lixo exposto, e há porteira de arame farpado e cerca de telado, tendo sido encontrado um catador de sucatas no local.

Já o aterro de resíduos domiciliares e comerciais, está localizado ao lado da ETE da SABESP, distando 2 km do centro urbano, em acesso de terra. Trata-se de um aterro com porteira fechada e sem acesso de veículos, onde foi observado um trator de esteiras (Caterpillar CAT D-6) com lâmina, que faz a distribuição do lixo e posterior

aterramento do mesmo. Não há coleta de chorume nem de gases e os Resíduos Sólidos de Saúde são tratados por uma empresa terceirizada.

Este aterro é cercado com controle de entrada, possui uma barreira quebra-vento de árvores, mas não tem balança. O valor do IQR é igual a 7,5 na avaliação mais recente da CETESB (2007) o que o classifica como “controlado”.

d) Nazaré Paulista

Nazaré Paulista tem a coleta das 2,7 t/dia de lixo feita pela Prefeitura. O lixo coletado é disposto em caçambas de 60 m³ de capacidade, instaladas no pátio da Prefeitura, o qual é posteriormente transferido, pela empresa de coleta Anaconda, até o local de disposição final, que é um aterro sanitário particular localizado no Município de Santa Isabel. O local de disposição tem IQR de 9,7 (condição “adequada”), porém a transferência dos resíduos deixa a desejar em termos de condições sanitárias e técnicas.

Com referência aos resíduos sólidos de saúde, esses são coletados pela empresa Atho de Guaratinguetá, que encaminha os mesmos para incineração e disposição final em Jacareí.

e) Pedra Bela

Em Pedra Bela, há uma área de disposição de resíduos localizada a 9 km do centro da cidade. O acesso à mesma se dá pela estrada vicinal PDB-010 (estrada do bairro da Campanha), que é asfaltada, muito sinuosa, com trechos sem acostamentos, havendo pequeno movimento de veículos automotores e de tração animal.

Por esta vicinal anda-se 6 km, até entrar à esquerda no sentido do bairro da Campanha, seguindo em acesso em terra por mais 3 km. A entrada do local de disposição não tem sinalização, mas diferencia-se do restante do acesso por estar pedregulhada (brita).

Este aterro está situado em zona rural, ao lado de carvoeiros, possuindo uma área aproximada de 40.000 m². Trata-se de um aterro com valas abertas, dispondo os resíduos pelo método de trincheira, aparentemente sem impermeabilização de fundo.

O Município gera 0,5 t/dia de lixo e o local recebe apenas uma viagem de caminhão de lixo por dia, exceto nas segundas-feiras, quando há duas viagens – sendo que o Município possui apenas um caminhão compactador de coleta de lixo. Semanalmente é depositado um caminhão de linter de algodão, cuja procedência não foi identificada (mas pode ser associada a alguma malharia da região).

O local não possui porteira ou balança (embora exista uma balança rodoviária na entrada da cidade), mas está cercado por telado. O valor de IQR é 6,9 correspondendo à condição “controlado” (CETESB, 2007).

f) Pinhalzinho

Pinhalzinho opera um aterro que se localiza a 7,5 km do centro da cidade. O acesso ao local se dá pela estrada da Fazenda Velha (sentido Monte Alegre do Sul), andando 2,5 km em asfalto ruim (muitos defeitos, buracos e lombadas), sendo esta uma estrada com muitas curvas.

Após estes 2,5 km é necessário entrar à direita, tomando-se uma estrada de terra por mais 5 km, passando pela comunidade de São José. O único caminhão compactador do Município faz duas viagens por dia (2,4 a 3,5 toneladas por dia, conforme a fonte da informação).

O atual “aterro” vem sendo mal operado, sem controle de acesso (não há porteira; o cercamento é de arame farpado com vários “buracos”; sem balança e sem portaria). Há várias valas abertas, quase todas com lixo ao céu aberto. Alguns dos taludes apresentam processo adiantado de erosão, sem controle da mesma.

O relatório da CETESB (2007) conferiu valor de IQR de 5,5 para este “aterro”, classificando-o como condição “inadequada”.

g) Piracaia

Piracaia possui um aterro sanitário municipal, também operado pela **Embralixo**, que detém o contrato de coleta de resíduos da cidade (10,8 t/dia), utilizando caminhões com a mesma boa qualidade e aspecto de manutenção que utiliza em Bragança Paulista.

O aterro fica no alto de um morrete distante 2,5 km da cidade. Não foi possível visitar a frente de trabalho do local, mas o valor de IQR da CETESB de 4,3 em 2007 indica condição de disposição inadequada.

Informações mais recentes fornecidas pela Prefeitura (Nov/2008) indicam que o aterro sanitário está desativado há cerca de dois meses, atualmente em fase de recuperação ambiental. A produção mensal de 400 toneladas é encaminhada para um aterro sanitário licenciado pela CETESB em Guarulhos. Os resíduos hospitalares são recolhidos pela empresa em veículo específico.

h) Tuiuti

Tuiuti mantém um aterro sanitário em valas a 2 km do centro da cidade, que recebe 5 t/dia. O Município possui apenas um caminhão/compactador de coleta de lixo.

O acesso ao local de disposição se dá pela rodovia Benevenuto Moretto (SP-095), sentido Amparo. O local é cercado, com portão para controlar o acesso, porém não há balança. Ao redor do aterro estão sendo plantadas fileiras de “sansão do campo” e algumas espécies da flora de Mata Atlântica.

Antes o lixo era jogado em qualquer lugar no terreno, sendo hoje a disposição dos resíduos feita diretamente nas valas e no final do dia é realizada a cobertura do lixo, com trator esteira. Na área em que foi lançado lixo inadequadamente foi realizada cobertura.

A disposição dos resíduos é feita em valas, sendo utilizado trator esteira para recobrimento (o único tipo de tratamento). O aterro possui Licença de Instalação, tendo sido solicitada a Licença de Operação. Seu IQR foi 8,0, sendo classificado como “condição controlada” (CETESB, 2007).

i) Vargem

Vargem mantém um aterro sanitário em valas a 6 km do centro da cidade. A quantidade de lixo disposta é estimada em torno de 6 a 8 t/dia.

O acesso ao local de disposição se dá pela rodovia Fernão Dias no trevo de Joanópolis, seguindo em direção ao bairro do Pico por uma estrada de terra com cerca de 2 km de extensão.

Até 2005, o Município utilizava uma área onde o lixo era depositado a céu aberto (lixão). O local possuía somente uma simples porteira de arame farpado, com cerca irregular, sem controle de encostas, sem portaria nem balança.

Com a conclusão das obras do aterro sanitário em Valas, em 2007, o Município hoje conta com retro-escavadeira para realizar a abertura das valas, recobrimento e compactação. A coleta de chorume e de gases ainda não existe. O valor do IQR de 4,9 atribuído pela CETESB em 2005 foi elevado para 9,6 em 2007, indicando condição “adequada”.

3.4. Alternativas Tecnológicas e Locacionais

3.4.1. Alternativas Tecnológicas Existentes

As alternativas tecnológicas clássicas, aqui abordadas, para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos são: a incineração, a compostagem e o aterramento sanitário, com ênfase a este último por ser a opção adotada por Bragança Paulista e por ser um aterro sanitário o objeto do licenciamento pretendido.

De maneira complementar, são também apresentadas considerações sobre a comparação de tais alternativas, bem como comentários sobre o efetivo impacto de programas de reciclagem de resíduos nestas alternativas tecnológicas.

3.4.1.1. Incineração

A incineração é um processo de combustão controlada para a oxidação térmica de resíduos, aplicável tanto a diversos resíduos sólidos industriais (inclusive perigosos) quanto a resíduos sólidos urbanos, além de alguns resíduos líquidos e outros gasosos (COREY, 1969).

Os incineradores primitivos seguiam um princípio parecido com o da simples queima de resíduos a céu aberto, mas dentro de câmaras fechadas, dotadas de revestimento refratário, com capacidade de manter a fumaça gerada por mais tempo sob condições de temperaturas elevadas. Tais equipamentos passaram a ser empregados em quase todas as

grandes cidades do mundo no final do século XIX (GOODRICH, 1901; BADER e ENGWEILLER, 1999).

A idéia de purificar pelo fogo é muito antiga para o homem, mas nos processos de incineração modernos ocorre a combustão dos resíduos sólidos com a formação de fluxos de gases, fumos e vapores que são, por sua vez, novamente incinerados sob a forma de pós-combustão, evitando-se o lançamento direto dos mesmos na atmosfera, o que caracterizaria uma poluição trans-modal, tornando resíduos sólidos agentes de poluição do ar através de correntes de gases impuros e fumaça (OPPELT, 1987).

Os três elementos básicos para a incineração eficiente de resíduos são a temperatura, o tempo e a turbulência (COREY, 1969; OPPELT, 1987). Para a destruição térmica dos resíduos ser maximizada sem a geração de poluição do ar é necessário que a massa de resíduos e os fluxos a serem pós-queimados sejam submetidos a elevadas temperaturas (variando entre 800°C e 1.150°C para resíduos urbanos) por tempo suficiente (ainda que da ordem de segundos no caso do tempo de retenção dos fumos, gases e vapores nas condições de pós-combustão), e sob condições de mistura otimizadas, com variações de direção de fluxo capazes de manter o turbilhonamento ou a turbulência no fluxo de gases a serem expostos ao calor ou às zonas de chama para sua devida combustão, expostos novamente a temperaturas tão elevadas quanto aquelas da ignição dos resíduos (COREY, 1969).

Para tratar a corrente de gases efluente de incineradores foram desenvolvidos conceitos como uma grande capacidade de pós-combustão, além de sistemas de tratamentos específicos das correntes gasosas em sistemas de lavagem de gases e precipitadores eletrostáticos, dentre outros (BOND e STRAUB, 1972). A depender do uso (ou não) de sistemas de tratamento de gases que impliquem a redução da temperatura da corrente gasosa, a tiragem dos gases pode ser natural, induzida pela temperatura e altura da chaminé, ou forçada, utilizando-se de ventiladores (COREY, 1969).

É comum, além do uso de incineração de resíduo para a estabilização e drástica redução de volume de resíduos industriais perigosos (ROCCA, 1991), a utilização de sistemas avançados de incineração para a redução (igualmente drástica) de volumes de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento e recuperação de energia térmica (TCHOBANOGLIOUS, THIESEN e VIGIL, 1993; SCHULZ, 2000).

Todavia, após um período de ampla utilização nos Estados Unidos na década de 1970 (DOMINO, 1979), as dificuldades de licenciamento ambiental de novas plantas capazes de incinerar seguramente os resíduos sem a geração de compostos orgânicos voláteis perigosos, como dioxinas e furanos, fizeram com que as linhas de financiamento público para grandes incineradores municipais fossem suspensas.

Nos países europeus, ao contrário, a prática de incineração de resíduos, freqüentemente associada à recuperação de energia, continua sendo bastante empregada e a tecnologia de incineração de resíduos urbanos com recuperação de energia vem sendo substancialmente desenvolvida (SCHULZ, 2000).

Alguns países da Europa, por possuírem pouca área disponível para operar outras formas de destinação que demandem áreas maiores e que tenham vida útil limitada, optaram pela

incineração no sentido de reduzir os volumes de materiais a serem aterrados e assim minimizar a pressão sobre os aterros existentes, citando-se como, por exemplo, a Suíça (79% dos resíduos urbanos eram incinerados em 1999) (BADER e ENGWEILLER, 1999); Luxemburgo (onde 65% dos resíduos são incinerados), a Dinamarca (55% dos resíduos incinerados), a Bélgica (50% dos resíduos incinerados) a França (45% dos resíduos incinerados).

Mesmo com o emprego de plantas de incineração cada vez mais modernas e seguras, muitas das quais com forte integração paisagística e arquitetônica aos locais em que são implantadas e sempre com forte pressão de monitoramento (contínuo para emissões gasosas, com resultados publicados em regime *on line* pela Internet), a atitude de desconfiança e receio de acidentes por parte do público vem dificultando a expansão de capacidade de incineradores na Europa, a despeito da confiabilidade tecnológica atingida (NILSSON, 1999). Estudos comparativos específicos sobre a reação das comunidades a incineradores mostram que o receio dos moradores do entorno é muito grande e que há uma indisposição a aceitar a prática devido a uma percepção de risco muito maior do que os riscos objetivamente mensuráveis de tais sistemas (SLOVIC, 1987; ABERT, 1992; ROCKEY, 1995; ELLIOTT, 1998; MEWR, 2000; HSIAO, STONE e CHI, 2001; GAIA, 2006).

No Brasil, o Município de São Paulo chegou a possuir e operar três incineradores de resíduos, os quais foram primeiramente utilizados para resíduos urbanos em geral e, devido à tecnologia ser antiga (originalmente dos anos 50), dois foram fechados e o terceiro passou a queimar apenas resíduos de serviços de saúde, até que este último fosse igualmente fechado.

Há, no entanto, inúmeros Municípios que possuem pequenos incineradores (até 500 kg de capacidade horária) para a incineração de resíduos de serviços de saúde (WERNECK DE OLIVEIRA, 1990). Em 1989, havia 61 incineradores de resíduos no Brasil, dos quais 36 (59%) se encontravam em São Paulo (IBGE, 1992). Já em 2000, havia 325 usinas de incineração no Brasil, das quais 144 (44% do total) se localizavam no Estado de São Paulo (IBGE, 2002), denotando um incremento no número de incineradores no país e também no Estado de São Paulo.

A despeito do significativo sucesso na Europa e do relativo sucesso do uso de incineradores nos países do sudeste asiático, a incineração é um método extremamente dispendioso para o tratamento em larga escala de resíduos sólidos urbanos, sendo aplicável de forma competitiva apenas em sociedades carentes de energia (por tornar possível a recuperação energética a partir da queima dos resíduos) e naquelas onde a disponibilidade de terrenos para a implantação de aterros sanitários seja cada vez mais escassa.

3.4.1.2. Compostagem

A compostagem é definida como sendo *“a decomposição de resíduos biodegradáveis por micro-organismos na presença de ar e água para produzir um material húmico estável e saneado chamado composto”* (ASSURRE, 2003).

O “composto” é o produto homogêneo obtido por um processo biológico pelo qual a matéria orgânica existente nos resíduos é convertida em outra, mais estável, pela ação de

microrganismos normalmente já existentes nos próprios resíduos. Os resíduos que originam o composto podem ser de origem agrícola, esterco de animais ou resíduos urbanos, de forma isolada ou combinada (BEWICK, 1980).

A compostagem teve origem no processamento de restos agrícolas na preparação de solos para agricultura, tendo sido iniciada há milênios por processos rudimentares, até a introdução de adubos e fertilizantes minerais, a partir de meados do século XIX.

Embora muitas vezes o composto seja referido como um “fertilizante” para utilização na agricultura, tal qualidade só é obtida quando o resíduo original já é de natureza agrícola ou quando é algum tipo de esterco animal. Quando o resíduo utilizado é o lixo urbano, dificilmente o composto formado, mesmo em usinas de compostagem sofisticadas, tem características que o permitam ser caracterizado como fertilizante de fato. Assim, esse composto é um bom condicionador e humificador de solos, mas não um fertilizante.

A rigor, há quatro maneiras de se produzir composto orgânico a partir de resíduos sólidos urbanos – a compostagem por área, a compostagem mecânica, a compostagem por células ventiladas, e a compostagem em “leiras” (SKITT, 1992) – definidas a seguir:

- A **compostagem por área** é aquela na qual material orgânico é empilhado no solo formando pilhas uniformes, de altura e área definidas. Quantidades controladas de ar são induzidas através de tubos que passam por baixo de cada área ou através de poros de bases especialmente preparadas para que o ar atravessasse a massa orgânica de baixo para cima;
- A **compostagem mecânica**, também referida como “compostagem acelerada”, é aquela na qual o composto é continuamente misturado e aerado por ação mecânica, dentro de cilindros rotativos;
- A **compostagem por células ventiladas** é um método no qual o composto é misturado e aerado por ser derrubado por uma série de células ventiladas sequenciais, após ser mecanicamente transportado por elevadores de canecas para ser lançado sobre as sucessivas células ventiladas;
- A **compostagem por leiras** é um método de preparação de composto a céu aberto, exposto ao ar, em leiras ou pilhas alongadas, as quais são revolvidas mecanicamente a cada seis a oito dias para garantir condições de indução de ar e para controlar a temperatura e a umidade nas leiras de composto.

É comum, no entanto, sistemas de compostagem de grande capacidade misturar mais de um tipo de processo, como o uso de compostagem mecânica seguida por compostagem em leiras.

A produção de composto ocorre através da estabilização aeróbia termofílica, ou seja, em temperaturas que variam entre 45°C e 85°C, embora seja recomendado evitar temperaturas superiores a 65°C, que é o ponto ótimo das bactérias responsáveis pela digestão aeróbia dos resíduos (ASSURRE, 2003).

A compostagem de resíduos sólidos urbanos em leiras foi amplamente pesquisada e, além de tecnologias capazes de acelerar a digestão para produzirem composto de melhor qualidade após a “cura” ou “maturação” dos mesmos, também foram pesquisadas as maneiras de se otimizar a aeração durante o período de “cura” que ajuda a “maturar” o composto (PEREIRA NETO, 1987; PEREIRA NETO, 1989; SESAY, LASARIDI e STENTIFORD, 1998).

Os processos de compostagem “acelerada” de resíduos urbanos foram introduzidos no Brasil na década de 1960 e 1970, com diversas tecnologias. O Brasil chegou a ter 8 grandes usinas de compostagem, com um total de 30 cilindros estabilizadores.

Os sistemas que obtiveram melhores resultados foram os sistemas de compostagem aeróbia acelerada, com tecnologia dinamarquesa DANO, com pelo menos duas unidades instaladas em São Paulo (Vila Leopoldina e São Mateus), uma em Santo André, outra em São José dos Campos, e uma usina adicional em Brasília. Hoje em dia várias destas se encontram desativadas, tendo terminado seus ciclos de vida útil. Há notícias de usinas de compostagem ainda operacionais em Belém (PA), Belo Horizonte e Uberaba (MG), e Boa Vista (RR), além de uma usina em Manaus e outra grande unidade no bairro do Caju, no Rio de Janeiro.

No final da década de 1980 e já no início da década de 1990, no entanto, houve uma série de projetos e fornecedores de equipamentos e usinas de compostagem híbridos, com configuração de centrais de reciclagem seguidas de sistemas simplificados de moagem e formação de composto para maturação em leiras, sem digestão acelerada. Houve até mesmo linhas de financiamento em tal sentido, com um grande número de prefeituras implantando sistemas de compostagem na esperança de obterem resultados econômico-financeiros positivos com o tratamento de seus resíduos.

Assim, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 1989 (IBGE, 1992), o Brasil chegou a ter 80 usinas de compostagem, a grande maioria por processo simplificado e “natural”, com a digestão e a maturação do composto em leiras, dependendo de aeração por revolvimento. Destas, 32 (correspondendo a 40% do total) se encontravam no Estado de São Paulo (IBGE, 1992). Já em 2000, tal número saltou para 260 usinas de compostagem, a grande maioria sem a “aceleração mecânica” do processo, das quais 38 se encontravam no Estado de São Paulo (correspondendo a menos de 15% do total; IBGE, 2002).

A Prefeitura de São Paulo realizou uma série de otimizações em sua usina de processo DANO na Vila Leopoldina, aumentando em muito sua capacidade em detrimento de maiores tempos de “cura” do pré-composto produzido, o que tornou seu pátio um forte emissor de odores, a ponto de serem tantas as reclamações da vizinhança que uma ação do Ministério público obrigou a retirada do composto para “cura” em outro local e, posteriormente, o fechamento da usina.

Há, no entanto, casos de pequenas usinas de compostagem em áreas rurais servindo a cooperativas que vêm sendo apontadas como casos de sucesso, ainda que produzindo composto para uso local e em pequena escala (FARIA, 2002).

Em todo o mundo, a necessidade de separar as frações não orgânicas (recicláveis ou não) da fração orgânica dos resíduos a serem compostados causa dificuldades na operação, pois

muitas vezes se faz necessária a separação manual dos resíduos, tarefa esta de difícil administração, além de fortemente insalubre tanto sob ponto de vista ocupacional (TOLVANEN *et al.*, 1998) quanto do ponto de vista epidemiológico (PEREIRA NETO, 1991). Além disso, apenas cerca de 50% do lixo que entra em uma usina de reciclagem é aproveitável como composto, havendo grandes quantidades de rejeitos que devem ser encaminhados imediatamente para aterros sanitários (REZENDE e PEREIRA NETO, 1993a; REZENDE e PEREIRA NETO, 1993b).

Muitas usinas tiveram sua implantação e mesmo sua operação suspensa devido às reais condições de amortização de financiamento frente aos custos efetivos da operação, uma vez que nem a venda de recicláveis nem a venda de composto geram recursos suficientes sequer para compensar a operação da maioria das usinas (JARDIM *et al.*, 1995). Segundo a publicação “Ambiente Brasil”, os administradores municipais brasileiros tratam a compostagem apenas sob perspectiva de “eliminar o lixo doméstico e não como um processo industrial que gera produto, necessitando de cuidados ambientais, ocupacionais, marketing, qualidade do produto, etc. Tanto isso é verdade que, quando as usinas são terceirizadas, as empreiteiras pagam por lixo que entra na usina e não por composto que é vendido cujo preço é simbólico” (AMBIENTE BRASIL, 2006).

Mesmo que os custos de instalação de usinas de compostagem sejam inferiores aos custos de instalação de grandes incineradores modernos e dotados de tecnologia anti-polvente eficiente, ainda assim as usinas de compostagem são elementos caros para serem adquiridos pelas administrações municipais e seus resultados ambientais deixam a desejar (GALVÃO JR. e SCHALCH, 1993). Por outro lado, os custos de operação, embora inferiores aos custos operacionais de incineradores modernos, são elevados quando comparados aos custos de operação por tonelada processada em bons aterros sanitários (JARDIM *et al.*, 1995).

3.4.1.3. Aterros Sanitários

Neste item são descritos os aterros sanitários em termos do histórico de sua evolução tecnológica, dos tipos de aterros existentes, do processo de degradação de resíduos que ocorre nos mesmos, das dificuldades operacionais associadas a eles, e da repulsa que a vizinhança dos mesmos costuma expressar.

Tal ênfase se justifica em função de ser este o método mais comum e imprescindível para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, além de ser esta a opção mais atraente do ponto de vista econômico-financeiro e base da justificativa do empreendimento que se pretende licenciar.

a) Histórico dos Aterros Sanitários

Com o crescimento inicial das cidades na época da Revolução Industrial, tornou-se clara a necessidade de se “sanear” os centros urbanos, implicando no afastamento adequado dos esgotos e dos resíduos sólidos produzidos pelas populações destas cidades.

A partir do final do século XIX, progressivamente, foram surgindo leis para regular a coleta e o tratamento de resíduos sólidos urbanos, ainda que enfatizando, à época, a

“destruição” dos mesmos pela incineração (ainda com tecnologia incipiente), já visando evitar que os resíduos fossem simplesmente lançados no ambiente, prática que hoje se chama de “lixões” (GOODRICH, 1901; BADER e ENGWEILLER, 1999).

Segundo Kenneth Westlake (1995), apenas na década de 1930 é que o conceito de aterramento sanitário começou a ser discutido, quando foi proposto um esquema de abertura de valas para a disposição dos resíduos que depois eram cobertos ao final de determinados períodos, uma prática que aparentemente “controlava” o problema dos resíduos – daí o termo “aterro controlado”.

Na década de 1950 surgiram os primeiros estudos capazes de indicar claramente que a lixiviação dos resíduos dispostos no ambiente, com ou sem cobertura, efetivamente contaminavam as águas subterrâneas caso não fossem tomadas medidas eficazes de engenharia capazes de impedir a lixiviação pela contenção física da massa de resíduos, um dos princípios básicos dos aterros sanitários modernos (BAUM e PARKER, 1974; BAGCHI, 1990).

É comum a referência popular a aterros sanitários como se os mesmos fossem simples “lixões”, embora sejam formas bastante distintas de disposição de resíduos, sendo os “lixões” inaceitáveis do ponto de vista sanitário e ambiental, ao passo que o aterro sanitário, bem operado, pode minimizar em muito a poluição causada por resíduos sólidos, bem como garantir razoável segurança quanto à saúde pública.

Em face desse equívoco, cabe aqui destacar algumas diferenças importantes no entendimento conceitual entre os chamados “lixões”, “aterros controlados” e o que aqui se convencionou aceitar como aterro sanitário:

- **Lixões** são simples depósitos de resíduos sólidos urbanos onde todo o material é lançado sem controle quantitativo ou qualitativo, sem a observação de regras operacionais e sem a preocupação com a proteção ambiental. Não possuem impermeabilização de fundo, não possuem cobertura (o lixo permanece exposto) e tampouco possuem sistemas de coleta de percolados e gases capazes de operar com eficiência. Quase nunca há compactação artificial dos resíduos.

Um problema comum nos “lixões” (e também em alguns “aterros controlados”) é a presença de “catadores”, que são pessoas que, sem alternativas de subsistência, buscam seu sustento na coleta de materiais recicláveis dos quais tentam obter alguma renda. Estes freqüentemente atuam em “lixões” e eventualmente em “aterros controlados”, apresentando até mesmo organização social ou empresarial em suas ações (MALLMANN, 1991; JUNCÁ, GONÇALVES e AZEVEDO, 2000). Essa presença geralmente não se dá de forma isolada, pois é comum estes indivíduos serem acompanhados por animais domésticos (principalmente cães) e, eventualmente, por criação de suínos para abate. Isso gera outros problemas de saúde pública, devido ao enorme potencial de contato com parasitas e grande possibilidade de contaminação dos catadores ou quaisquer pessoas que convivam com tais animais ou que consumam sua carne.

É o meio de disposição praticado por quase todas as cidades do mundo até o final do século XIX e por muitas delas mesmo ao longo do século XX e atualmente. Dificilmente recebe quaisquer licenças ambientais.

- **Aterros Controlados** são aqueles nos quais há alguma preocupação com a cobertura do lixo, e eventualmente com o acesso e permanência de pessoas para catarem materiais no lixo, mas nos quais não há impermeabilização de fundo e gerenciamento de drenagem de águas pluviais suficiente para evitar a percolação e a contaminação das águas subterrâneas, além de muitas vezes não haver drenagem de percolados e de gases eficiente. Pode ou não haver controle qualitativo e quantitativo dos resíduos aterrados. Pode ser praticada a compactação mecânica dos resíduos pelos operadores, atingindo-se maiores densidades na massa de resíduos aterrados. É o conceito de aterramento introduzido na década de 1930 e questionado a partir de estudos desenvolvidos a partir da década de 1950. Pode ou não possuir licenças ambientais.
- **Aterros Sanitários** são aqueles nos quais, além da preocupação com a cobertura diária dos resíduos, há rigor no controle de acesso por catadores; há preocupação com a impermeabilização de fundo, que pode ter uma ou mais camadas de impermeabilização para evitar que os líquidos percolados na massa de resíduos atinjam as águas subterrâneas. Da mesma forma, há drenagem dos líquidos percolados e também dos gases gerados. Possui controle de drenagem de águas de chuva, separando-as da massa de resíduos conforme possível em função das características do local. Possui controle quantitativo e qualitativo dos resíduos aterrados. Geralmente possui poços de monitoramento no entorno para verificar se a impermeabilização de fundo entrou em falha e se há a necessidade de medidas de remediação de eventuais contaminações detectadas nas águas subterrâneas do entorno direto. É mandatório praticar a compactação mecânica dos resíduos, atingindo-se maiores densidades na massa de resíduos. É o conceito introduzido a partir da segunda metade do século XX e empregado cada vez com maior frequência nas grandes cidades do mundo, estando eventualmente associados a outros sistemas de tratamento de resíduos, como centrais de reciclagem, usinas de compostagem e usinas de incineração.

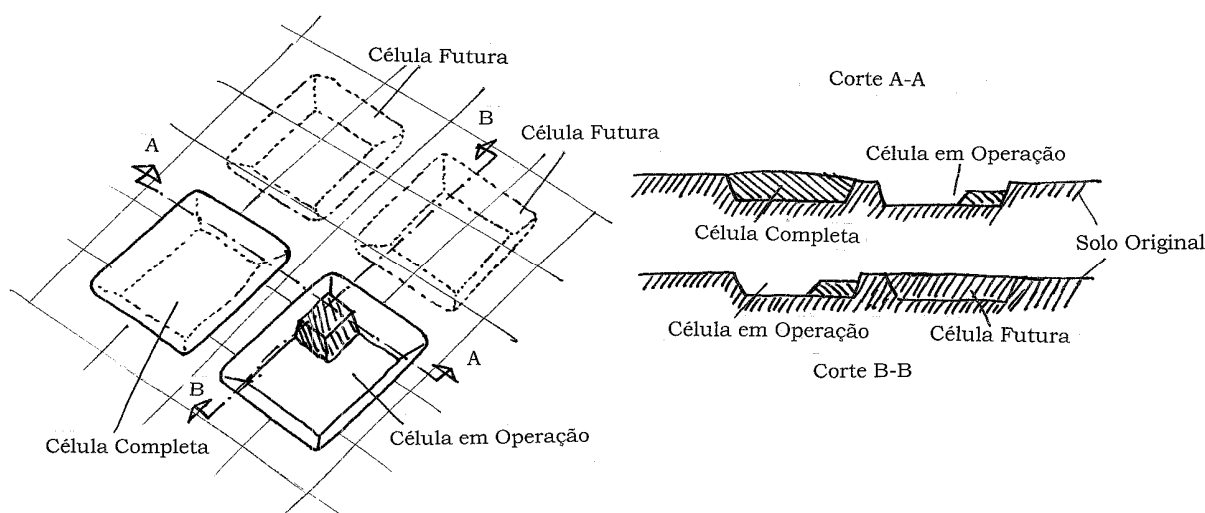
Os aterros sanitários modernos se tornaram, ao longo de algumas décadas de evolução tecnológica e do desenvolvimento de práticas operacionais, no método mais efetivo de instalação de engenharia para a disposição de resíduos sólidos urbanos, projetada e operada de forma a minimizar os impactos ao meio ambiente e à saúde pública (BAUM e PARKER, 1974; TCHOBALOGLOUS, THEISEN e VIGIL, 1993).

b) Tipos de Aterros Sanitários

Mesmo se tratando de aterros sanitários de fato, há pelo menos três tipos diferentes de “métodos de aterramento”: o método da trincheira, o método da área, e o método da rampa.

No método da trincheira, abrem-se valas ou trincheiras no solo, preenchendo-as com os resíduos, realizando a cobertura final dos mesmos, conforme pode ser visto na **Figura 3.3**.

Figura 3.3. - Aterro Sanitário pelo Método da Trincheira



Fonte: desenvolvido a partir de Tchobanoglous, Thiesen e Vigil, 1993.

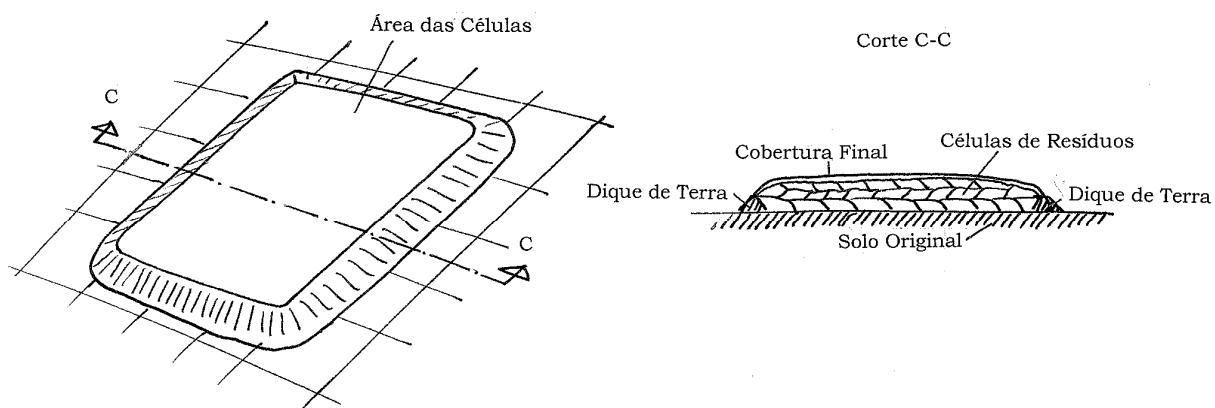
O método da trincheira é aplicado com maior frequência em aterros de menor porte, por não permitirem um aproveitamento muito bom da área. Muitas vezes é o método utilizado para “aterros controlados”, sem a devida impermeabilização de fundo e dos taludes laterais escavados, limitando-se à cobertura final de cada célula – geralmente com o próprio material escavado na abertura das trincheiras.

Mesmo sendo muito difundido no caso de “aterros controlados”, o método da trincheira – devidamente impermeabilizado em seu fundo e nas laterais (por vezes com várias camadas de impermeabilização), com drenos e poços testemunho para garantir a estanqueidade das células – é empregado em aterros de resíduos industriais perigosos que não são passíveis de co-disposição em aterros sanitários para resíduos urbanos domésticos (ROCCA, 1993), seguindo as classificações das normas da ABNT NBR 10.004:2004 (Classificação de Resíduos; ABNT, 2004a), NBR 10.005:2004 (Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos; ABNT 2004b), NBR 10.006:2004 (Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos; ABNT, 2004c), e NBR 10.007:2004 (Amostragem de Resíduos Sólidos; ABNT, 2004d).

Do ponto de vista operacional, o método da trincheira depende de haver uma topografia relativamente suave e plana por uma área suficientemente extensa para que a vida útil do complexo do aterro como um todo seja razoavelmente longa.

Já no método da área o resíduo é basicamente apoiado sobre diques de terra em um terreno relativamente plano, sendo construídas células de resíduos apoiadas nestes diques, quando na periferia do aterro, ou nas células anteriores quando longe dos diques de apoio físico, conforme pode ser observado na **Figura 3.4**.

Figura 3.4. - Aterro Sanitário pelo Método da Área



Fonte: Desenvolvido a partir de Tchobanoglous, Thiesen e Vigil, 1993.

Este método tem por vantagem sobre o método da trincheira a maior facilidade relativa em impermeabilizar o solo original que ficará debaixo das células de resíduos, mas tem por desvantagem o fato de não necessariamente gerar, em sua implantação, material de cobertura diário e final das células de resíduos.

Além disso, este método da mesma forma que o método da trincheira, demanda áreas relativamente extensas, embora haja casos de aterros por área que tenham empilhado grandes números de células de resíduos, umas sobre as outras, formando colunas verticais de resíduos relativamente elevadas, e mesmo assim garantindo a estabilidade da massa de resíduos – conformando aterros sanitários de grandes proporções e dimensões.

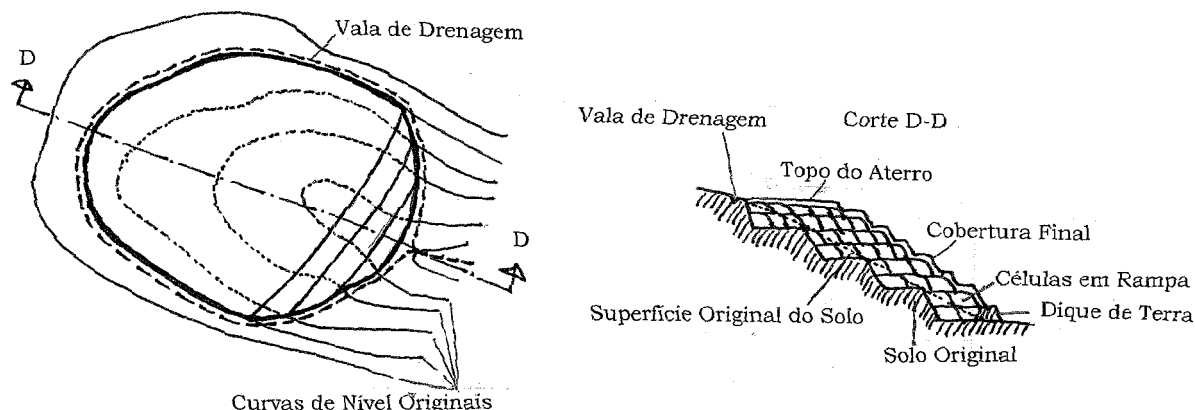
É muito comum proceder à implantação de aterros sanitários pelo método da área sobre trincheiras anteriormente realizadas no mesmo local, obtendo um melhor aproveitamento da área, bem como garantindo um razoável estoque de material para cobertura das células diárias e mesmo para a cobertura final.

O terceiro método de implantação e desenvolvimento de aterros sanitários é o chamado aterro pelo método da rampa, o qual pode ser visualizado na **Figura 3.5**.

Esses aterros sanitários concebidos e desenvolvidos pelo método da rampa apresentam, como vantagem, a possibilidade de aproveitar desde cavas de mineração até áreas com geomorfologia mais acidentada, como vales em “U”, anfiteatros naturais e morrarias sob a conformação de planos inclinados.

As desvantagens são também originárias da geomorfologia, que pode ser tipicamente mais acidentada, passando por aspectos geotécnicos – geralmente há que se cuidar ainda mais da estabilidade dos taludes formados pelas células de resíduos – bem como pela necessidade de interferir, muitas vezes, com corpos d’água e surgências (nascentes) que possam ocorrer em tais vales ou anfiteatros naturais ou mesmo em cavas de pedreiras ou de outras atividades minerárias.

Figura 3.5. - Aterro Sanitário pelo Método da Rampa



Fonte: Desenvolvido a partir de Tchobanoglous, Thiesen e Vigil, 1993.

Geralmente tal método implica transformar vales ou cavas vazias em volumes ocupados pelos resíduos, podendo haver maior impacto visual do que os demais métodos de aterros sanitários. Por outro lado, por serem passíveis de implantação em locais com relevo mais acidentado, há sempre a possibilidade de se utilizar áreas cujo acesso visual seja mais limitado.

Em todos esses métodos alguns aspectos em comum devem ser observados, tais como: o gerenciamento adequado das águas de chuva (que devem adentrar na massa de resíduos da forma mais limitada possível para evitar formação exagerada de percolados), a operação de compactação deve ser adequada, tanto para garantir um melhor aproveitamento do volume disponível no local do aterro quanto para facilitar o processo de degradação anaeróbia dos resíduos, além dos aspectos de impermeabilização e estabilização de taludes mencionados.

Qualquer que seja o método de aterramento utilizado, o projeto do mesmo deve seguir padrões mínimos estabelecidos na normalização disponível – havendo inclusive normas específicas no Brasil (ABNT, 1992).

c) Processo de Degradação de Resíduos em Aterros Sanitários

Existem aterros sanitários concebidos e operados com processos biológicos por digestão aeróbia, por digestão inoculada e por digestão anaeróbia (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993; JARDIM *et al.*, 1995).

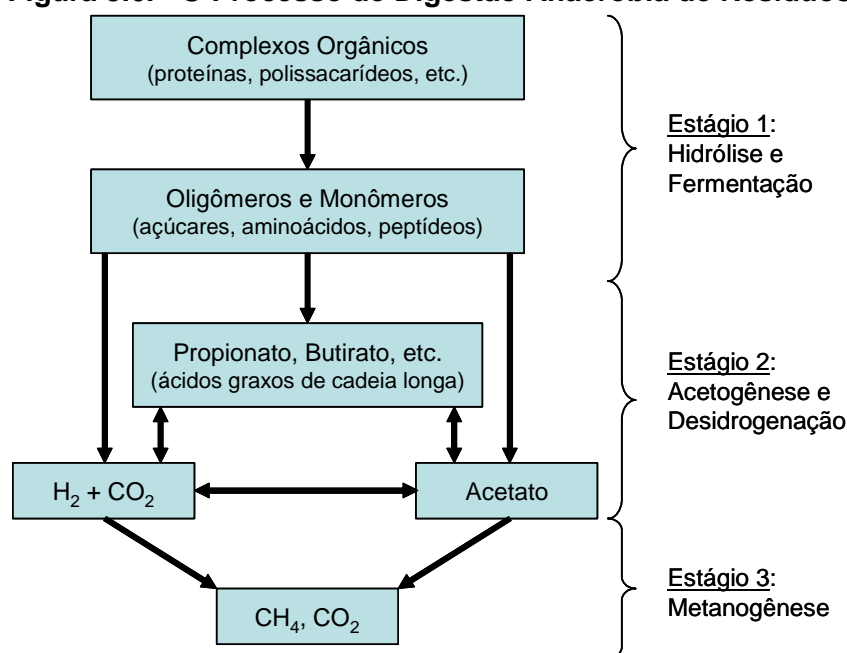
Os aterros concebidos por digestão aeróbia são raros, sendo bastante difícil mantê-los devidamente “aerados” (com presença de oxigênio molecular livre ao longo de toda a massa de resíduos), o que só pode ser obtido, em ambientes confinados (como um aterro coberto por solo em suas células de resíduos) através da injeção controlada de ar, o que demanda equipamentos e controles sofisticados.

Os aterros que utilizam a inoculação biológica – sejam aeróbios ou anaeróbios – têm a dificuldade de inocular necessariamente, através de introdução física, massas de microorganismos que serão responsáveis por acelerar o processo de degradação biológica. Trata-se de um processo delicado e por vezes caro, pois podem ser necessárias várias inoculações de biomassa nas células do aterro, implicando custos continuados e interferência com a biomassa que se desenvolveria naturalmente no caso de aterros – aeróbios ou anaeróbios – que não recebam inóculos de microorganismos como “semente” para o processo biológico.

Os processos de digestão anaeróbia de resíduos são bastante conhecidos, tendo sido estudados e consolidados a partir da década de 1940 (BUSWELL e SOLLO JR., 1948). A grande maioria dos aterros sanitários em todo o mundo utiliza o processo de digestão anaeróbia para a degradação dos resíduos (BAGCHI, 1990; WESTLAKE, 1995; WESTLAKE, 1997; TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993).

Atualmente são geralmente considerados três estágios de atividade microbiológica, passando primeiramente pela hidrólise e pela fermentação, seguida pela acetogênese e desidrogenação, e finalmente, pela metanogênese (MCCARTY, 1981; DOLFING, 1987), conforme ilustrado na **Figura 3.6**.

Figura 3.6. - O Processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos



Fonte: desenvolvido a partir de McCarty, 1981 e Dolfing, 1987.

Note-se que, grosso modo, todo resíduo sólido a ser degradado por esta via metabólica deve ser tornado líquido para que as moléculas de matéria orgânica possam atravessar as paredes das células dos microorganismos que realizam as reações bioquímicas do processo. Isso significa dizer que os resíduos sólidos têm que ser “hidrolisados” (literalmente “tornados líquidos”). Muitas vezes, essa pode ser considerada como sendo

a etapa limitante do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos (SCHMIDELL *et al.*, 1986; PERES *et al.*, 1992).

Uma vez hidrolisados os compostos complexos orgânicos (proteínas, polissacarídeos, etc.) passam a ser fermentados em outros compostos, menos complexos, chamados de oligômeros e monômeros (açúcares, aminoácidos e peptídeos). A este primeiro estágio se chama de hidrólise e fermentação.

Os produtos hidrolisados e fermentados podem ser novamente fermentados em ácidos graxos de cadeia longa (ácido propiônico, ácido butírico e outros), ou diretamente a complexos moleculares gasosos de hidrogênio e dióxido de carbono ou ainda a líquidos como o ácido acético – um ácido graxo de cadeia mono-carbônica e peso molecular tão leve que chega a ser altamente volátil (mais volátil do que os ácidos propiônico e butírico, também relativamente voláteis quando comparados a outros ácidos graxos de cadeias de carbono mais longas (WERNECK DE OLIVEIRA, 1992). Este estágio é chamado de acetogênese (geração de ácido acético) e desidrogenação (formação de hidrogênio e dióxido de carbono a partir dos hidrocarbonetos formados no estágio anterior).

Finalmente, a partir do dióxido de carbono e do hidrogênio ou a partir do acetato (ou ácido acético), ocorre o terceiro e último estágio, chamado de metanogênese, ou geração de metano. O processo de formação de metano é relativamente instável e, devido aos substratos e aos caminhos metabólicos das bactérias envolvidas no processo, geram não apenas metano, como também parcelas significativas de dióxido de carbono.

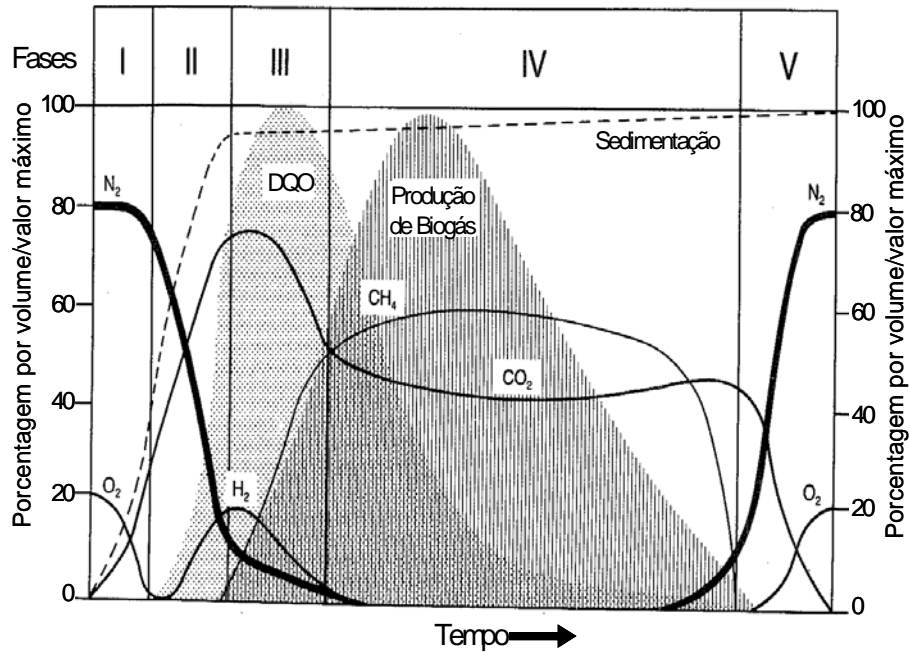
É importante notar que, no esquema apresentado na **Figura 3.6**, as reações bioquímicas envolvendo a conversão de propionato e butirato em dióxido de carbono e hidrogênio ou em acetato são reversíveis, isto é, dependem do deslocamento do equilíbrio químico do ecossistema microbiano a favor dos produtos pretendidos. Da mesma forma, há influência do equilíbrio microbiano na disponibilidade maior ou menor de acetato ou de dióxido de carbono e hidrogênio, cuja conversão também é reversível (DOLFING, 1987).

Sabe-se, no entanto, que aproximadamente 72% do metano formado nesse processo provem da conversão direta de acetato ou ácido acético através de bactérias metanogênicas e que os 28% restantes são convertidos por vias metabólicas capazes de utilizar o hidrogênio e o dióxido de carbono (MCCARTY, 1981) como substrato preferencial – daí o acúmulo de dióxido de carbono em conjunto com metano ser comum no gás formado em aterros sanitários operando em regime de digestão anaeróbia.

Ao longo das últimas décadas, diversos pesquisadores desenvolveram trabalhos significativos para permitir um bom entendimento dos processos de fermentação biológica anaeróbia, semelhantes àqueles que ocorrem em aterros sanitários, inclusive no Brasil (SCHMIDELL *et al.*, 1986; PERES *et al.*, 1992) além de pesquisas sobre tópicos de geração de chorume e de gases de aterros sanitários (POHLAND e HARPER, 1985; QASIN e CHIANG, 1994), até a prática de reciclo de percolados (também chamados de “chorume”) para aumentar a velocidade da degradação anaeróbia nas células de aterros (POHLAND, 1980).

Assim, a literatura indica, com razoável precisão, informações importantes sobre o desempenho de aterros sanitários, conforme pode ser visualizado na **Figura 3.7.**

Figura 3.7. - Desempenho de Aterros Sanitários



Fonte: Westlake, 1995 (baseado em Pohland e Harper, 1985).

O processo de degradação de resíduos que ocorre em aterros sanitários pode ser descrito em 5 fases distintas:

- **Fase I:** Compactação Inicial;
- **Fase II:** Fermentação Anaeróbica e Maximização da Compactação;
- **Fase III:** Metanogênese instável;
- **Fase IV:** Metanogênese estável;
- **Fase V:** Esgotamento.

Tais processos e fases ocorrem para cada uma das células dos aterros. Aterros pequenos têm essas fases com pouca superposição; aterros maiores, com várias células superpostas e distribuídas espacialmente, implicam a superposição destas fases para cada uma das células ao longo do tempo, devendo os sistemas de drenagem de chorume e de gases, bem como os sistemas de tratamento dos mesmos, serem dimensionados para lidarem com sucessivas superposições dos histogramas mostrados na **Figura 3.7.** Os processos que ocorrem em cada uma das fases são descritos a seguir.

Na **Fase I**, identificada como aquela de Compactação Inicial, tem início o processo de compactação física dos resíduos (geralmente por ação mecânica externa, através da passagem de tratores compactadores sobre a massa de lixo, repetidas vezes), bem como tem início a atividade biológica. Nesse momento, a atividade biológica ainda é uma fermentação predominantemente aeróbia, havendo o consumo do oxigênio molecular livre nos interstícios dos resíduos (POHLAND e HARPER, 1985). Caso a opção seja a de realizar um aterro por digestão aeróbia, este é o momento em que se deve iniciar a insuflar ar para manter a fermentação aeróbia por todo o período, a despeito da grande dificuldade operacional porque isso ocorre simultaneamente à compactação física e mecânica dos resíduos.

Na **Fase II**, aqui denominada Fermentação Anaeróbia e Maximização da Compactação, ocorre quase toda a compactação física dos resíduos, ainda possível de se obter, sendo a fase de maior risco para deslizamentos devido a eventuais problemas de instabilidade geotécnica. Esgotado o oxigênio molecular livre no final da Fase I, aqui tem início a fermentação anaeróbia. Passando pela hidrólise da matéria orgânica presente nos resíduos, passa a haver um consumo da grande maioria do nitrogênio molecular livre que estava preso nos interstícios dos resíduos (cada vez menores devido ao aumento da compactação). Devido à intensificação do processo de hidrólise das partículas sólidas, começa a haver a percolação do chorume, cuja composição em termos de matéria orgânica dissolvida (expressa em termos de Demanda Química de Oxigênio – DQO) ainda não atingiu os valores mais elevados possíveis. Como a fermentação já se torna predominantemente anaeróbia, começa a ocorrer a atividade microbiológica típica do estágio de desidrogenação e acetogênese, com a formação de dióxido de carbono e hidrogênio na fase gasosa e de acetato ou ácido acético, sem produção significativa de metano. Devido à presença de hidrogênio em quase 20% do total dos gases aprisionados na massa de resíduos, começa o risco de incêndios na massa de lixo, a despeito de presença cada vez maior de líquidos lixiviados.

Na **Fase III**, aqui denominada Metanogênica Instável, começa a haver a produção de biogás já não aprisionado (passível de drenagem ou extração) no aterro, cuja composição começa a ser substancialmente alterada pela produção cada vez mais intensa de metano, ainda que de forma instável devido à presença ainda muito significativa de dióxido de carbono, mas cada vez menor de hidrogênio. É nessa fase que se atinge as maiores concentrações de poluentes no chorume produzido pelo aterro, que tendem a diminuir, a partir de então, ao longo das fases seguintes. O aumento da compactação da massa de resíduos passa a ser muito pequeno, muitas vezes dependente de cargas de outras células de resíduos dispostas sobre a célula em questão.

Na **Fase IV – Metanogênica Estável** –, atinge-se o pico máximo de produção de gás do aterro, já predominantemente composto por metano, mas com parcelas significativas de dióxido de carbono, já cada vez mais em proporções estabilizadas, chegando a 55% de CH₄ e 45% de CO₂. É a fase em que a célula em questão permite recuperar os gases, seja para aproveitamento energético, seja para destruição por queima para contabilização de créditos de carbono como parte dos chamados “mecanismos de desenvolvimento limpo” do Protocolo de Kioto (BLYTH e LEFEVRE, 2004). Sob o aspecto de aproveitamento energético, é esta a fase em que há maior interesse em se manter perene e estável na operação de aterros sanitários (ROE *et al*, 1998; ATSDR,

2001). Nessa fase o nitrogênio molecular é praticamente exaurido, havendo apenas contaminantes no biogás composto predominantemente por CH_4 e CO_2 , dos quais o H_2S (sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico) é o mais preocupante. Devido à presença de quantidades significativas de metano, qualquer contaminação com ar pode formar misturas de gases explosivos na massa de resíduos e, em havendo expansão suficiente na explosão, podem ocorrer deslizamentos na massa de lixo, bem como podem ocorrer incêndios do material potencialmente combustível presente na massa de resíduos. Tais incêndios, difíceis de controlar, podem durar longos períodos. A compactação adicional que ocorre na massa de lixo nessa fase decorre do paulatino esgotamento dos vazios e de cargas de outras células eventualmente dispostas sobre a célula em questão. Ao final dessa fase, com o término da disponibilidade de substratos para a metanogênese como ácido acético, ocorre um declínio (muitas vezes súbito) da fração de metano no gás, concomitante ao declínio das vazões de biogás.

Na **Fase V** – Esgotamento, não há mais geração de gás metano (justamente pelo esgotamento dos substratos utilizáveis pelas bactérias metanogênicas), podendo haver um esgotamento do dióxido de carbono que não pôde ser convertido em metano e eventuais intrusões de ar, fazendo com que os interstícios residuais na massa de lixo sejam paulatinamente tomados novamente por uma mistura de aproximadamente 80% de nitrogênio e 20% de oxigênio, não havendo mais matéria orgânica significativa a ser digerida na massa aterrada. A Fase V engloba todo o período de encerramento e monitoramento pós-encerramento do aterro, podendo durar muitos anos além do próprio período de operação do aterro ou da célula em questão. Pode haver alguma compactação marginal dos resíduos, mas esta é geralmente desprezível.

d) Dificuldades Operacionais de Aterros Sanitários

Apesar de o uso de aterros sanitários ser cada vez mais comum em comunidades com alguma disponibilidade de área e sem recursos financeiros suficientes para manter outras formas de tratamento de resíduos, como usinas de incineração e usinas de compostagem, e apesar do impacto progressivo de projetos de reciclagem de resíduos e mesmo de minimização de geração de resíduos, os aterros sanitários são a forma de engenharia mais comum de disposição de resíduos em todo o mundo (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993; DIAZ *et al*, 1996).

Isso não significa que, ao longo da operação de aterros sanitários, os mesmos não venham a enfrentar diferentes desafios e dificuldades, muitas vezes no complexo processo de conversão anaeróbia descrito anteriormente, outras vezes em relação à impermeabilização devido ao excesso de chuvas, ou à compactação, ou à presença de pessoas, animais e vetores de doenças, por exemplo.

Mesmo os bons aterros sanitários podem sofrer vazamentos da lixívia em determinadas condições, sendo aí necessário contar com a capacidade efetiva de atenuação dos poluentes em escoamento por meio poroso, com solos com diferentes permeabilidades. Embora os mecanismos de atenuação natural dos poluentes do chorume lixiviado por aterros nos solos sejam conhecidos desde a década de 1990 (BAGCHI, 1990; CHRISTENSEN *et al.*, 1994), foi justamente nessa época que os aterros sanitários implementados nos Estados Unidos e na Europa passaram a ser obrigatoriamente

equipados com dupla camada de impermeabilização de fundo, uma primeira de argila compactada e uma segunda composta por mantas plásticas (BAGCHI, 1990).

Tal necessidade de impermeabilização, hoje fortemente recomendada pelas autoridades ambientais, implica custos mais elevados na fase de implantação de aterros sanitários, embora garanta, em contrapartida, maior segurança ambiental.

Outro tipo de dificuldade operacional diz respeito à compactação e estabilidade da massa de resíduos. Nos aterros sanitários os resíduos são compactados até atingirem densidades eventualmente elevadas, como na faixa entre 0,75 e 1,0 t/m³ (sendo muito mais comuns valores no entorno de 0,75 t/m³). Em função disso, sempre a depender da conformação do aterro e das características do local do mesmo, é recomendável estudar a estabilidade geotécnica. Para se obter tais graus de compactação, além de equipamentos adequados (com peso, sistemas de tração e de distribuição de peso adequados), é necessário que os operadores sejam bem treinados em seu uso e na prática de compactação dos resíduos antes da cobertura diária dos mesmos (WESTLAKE, 1995).

Quando as ações de compactação são insuficientes, seja pela falta de prática do operador, seja pela inadequação do equipamento utilizado na compactação, o rendimento volumétrico do aterro fica prejudicado, encurtando sua vida útil. O fato de se atingir uma menor densidade na fase sólida também implica maior quantidade de vazios para a fase gasosa, com um período maior para que ocorra a hidrólise dos resíduos, bem como com períodos maiores para que se inicie a fermentação anaeróbia propriamente dita. Com vazios maiores, o grau de contato da lixívia com a massa de resíduos sólidos também tende a ser menor devido à maior porosidade relativa do meio, sendo menos efetivos os processos anaeróbios que gerariam maiores quantidades de metano de forma estável.

Caso não ocorra compactação adequada, os processos anaeróbios ficam cada vez mais heterogêneos ao longo da massa de resíduos, podendo haver concomitantes bolsões anaeróbios e outros ainda não esgotados de oxigênio molecular livre, o que aumenta muito o risco de explosões e incêndios. Isso é muito mais freqüente em “aterros controlados” e mesmo em “lixões”. Nestes últimos, há casos de acidentes graves reportados na literatura especializada, como o evento ocorrido na Turquia há cerca de doze anos, no qual 39 pessoas perderam suas vidas devido ao escorregamento da massa de resíduos em um “lixão” que se pretendia converter em “aterro controlado” (KOCASOY e CURI, 1995).

Aterros sanitários bem projetados, implantados e operados evitam tanto problemas de compactação insuficiente e de estabilidade geotécnica (embora alguns deslizamentos possam ocorrer quando da compactação da massa de resíduos em situação de chuvas prolongadas), como evitam a permanência de catadores e quaisquer elementos estranhos à operação do mesmo.

Outro problema que denota dificuldades na operação de aterros sanitários é a presença de vetores e animais na área, ou limitados à frente de trabalho. É muito comum a presença de roedores como ratos e ratazanas, além da presença de moscas e aves de rapina como urubus e carcarás, dentre outros. Os primeiros tendem a caracterizar riscos

à saúde pública e à saúde dos operadores, podendo haver ataques ou mesmo transmissão de doenças aos moradores de habitações próximas aos aterros, com o transporte de parasitas por meio sangüíneo (por exemplo, a hidrofobia de ratos), por meio de parasitas associados (por exemplo, através das pulgas de ratos, capazes de transmitir peste bubônica), ou por meio de transporte mecânico (no caso de moscas e outros insetos, que podem transportar parasitas em suas patas). Já as aves de rapina, muitas vezes atraídas em grandes números (principalmente quando a frente de trabalho permanece exposta sem cobertura por muito tempo), podem causar impactos de interferência com o espaço aéreo, o que se torna perigoso, por exemplo, para a segurança da aviação civil, caso as aves voem atravessando rotas aeroviárias (CARTER, 2003).

Sob o aspecto de poluição ambiental, mesmo aterros sanitários bem projetados, construídos e operados podem ser passíveis de falha (por exemplo, de vazamentos de percolados e migração de gases para as vizinhanças), embora tais eventos sejam cada vez mais raros naquelas unidades bem operadas (KJELDSEN e FISHER, 1995; WILLIAMS, WARD e NOY, 1999).

As tecnologias de drenagem e extração de gases de aterros são hoje bem desenvolvidas, embora nem sempre sejam fáceis de implementar ou sejam de custos baixos (ROE *et al.*, 1998; ATSDR, 2001). Também é necessário utilizar poços de monitoramento para se garantir maior segurança quanto a eventuais episódios de contaminação das águas subterrâneas (BAGCHI, 1990; WESTLAKE, 1995).

Finalmente, nos aterros sanitários modernos, nos quais há uma coleta eficiente dos líquidos percolados e dos gases gerados, há a necessidade de se atentar à forma de tratamento do chorume coletado, pois este tende a ser um efluente líquido de elevado potencial poluidor, por vezes ultrapassando valores de 20.000 mg DQO/L e 10.000 mg DBO/L (WESTLAKE, 1995).

O tratamento do chorume tem se mostrado bastante desafiante, em função de sua elevada carga orgânica poluente, inclusive devido à presença de fenóis, amônia, metais pesados e outros compostos que podem se tornar tóxicos aos processos de tratamento de efluentes por via aeróbia e anaeróbia. Houve tentativas de viabilizar o tratamento químico de chorume na década de 1970, mas com resultados econômicos aparentemente pouco atraentes (HO, BOYLE e HAM, 1974).

O tratamento biológico dos percolados de aterros sanitários parece ser a única alternativa economicamente viável, embora seja tecnicamente difícil em função das grandes variações na qualidade do chorume produzido ao longo da vida útil de grandes aterros sanitários (BULL *et al.*, 1983). Apesar de o método mais comumente empregado ser o uso de lagoas de tratamento (muitas vezes com arranjo conforme o chamado “Sistema Australiano”, com lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas; ARCEIVALA, 1981), alguns pesquisadores vêm tentando desenvolver sistemas como filtros anaeróbios e reatores híbridos (com biomassa parcialmente em suspensão e parcialmente aderida em meio suporte) para o tratamento de chorume, ainda que em escala de laboratório e piloto (HENRY, PRASAD e YOUNG, 1987; MORAES e GOMES, 1993).

e) Dificuldades com a Vizinhança

Independentemente de se utilizar um aterro sanitário bem projetado, implantado corretamente e operado com qualidade constante, sempre há reações negativas das vizinhanças quando da instalação dos mesmos.

As vizinhanças se julgam inevitavelmente prejudicadas pelos impactos de aterros sanitários localizados nas proximidades de suas propriedades, quais sejam: o risco de poluição do ar e das águas subterrâneas, a geração de odores e outros impactos estéticos, a atração de vetores com impactos epidemiológicos sobre a saúde pública, o aumento de risco de acidentes devido ao tráfego incrementado de caminhões de lixo, a geração de ruído, etc. Todos redundam no temor de perda de qualidade de vida e no temor de desvalorização dos imóveis no entorno imediato.

As alternativas encontradas pelos planejadores urbanos têm passado por técnicas de negociação mais sofisticadas (FISHER, URY e PATTON, 1991; URY, 1993; SUSSKIND e CRUIKSHANK, 1987) e por uma maior transparência nas negociações (GREENBERG, 1991; KUSTERER, 1991).

Mas nem sempre é possível se alcançar consenso sobre a localização de um aterro sanitário (PETTS, 1994). Nesses casos, os planejadores têm sido levados invariavelmente a buscarem áreas cada vez mais distantes dos centros urbanos geradores dos resíduos, o que implica custos elevados para o transporte dos resíduos.

Em consequência, tais custos têm se tornado tão elevados, que diversos sistemas regionais de disposição de resíduos vêm sendo desenvolvidos, com a construção de estações de transferência de resíduos junto aos centros urbanos, conforme a economia do sistema demandar (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993; OUANO, 1983; PETERSON, 1996).

3.4.1.4. Comparação de Alternativas Tecnológicas

Em termos de custo de implantação e operacionais, não há dúvidas de que os aterros sanitários são menos dispendiosos do que as usinas de compostagem e estas do que as usinas de incineração (DIAZ *et al.*, 1996). Todavia, sempre há o risco de restrições orçamentárias comprometerem o desempenho destes elementos de tratamento e destino final de resíduos sólidos urbanos, durante a fase de operação.

Em termos de ambientais, há que se considerar que todas as alternativas têm impactos significativos quando recebem grandes quantidades de resíduos. Os incineradores correm o risco de causar poluição trans-modal do ar, as usinas de compostagem correm o risco de gerar poluição trans-modal da água além da emissão de odores, e os aterros sanitários correm o risco de gerar poluição trans-modal das águas subterrâneas, do solo, bem como de atraírem vetores e causarem odores.

É importante frisar, no entanto, que nem as usinas de compostagem nem os incineradores ou mesmo uma combinação de ambos dispensam a necessidade de aterros sanitários. No caso de usinas de compostagem, aproximadamente 50% do material que entra no processo

não pode ser aproveitado como composto, devendo ser encaminhado para aterros sanitários. Já nos incineradores, há a geração de escórias refratárias à ignição, bem como há a geração de cinzas incombustíveis na pós-combustão e de lodos nos sistemas de tratamento dos gases. Conjuntamente, estes não atingem nem 5% do volume incinerado, mas devem ser dispostos em aterros sanitários ou mesmo, às vezes, em aterros especiais para resíduos industriais, caso as cinzas tenham absorvido os metais pesados volatilizados na fase de ignição dos resíduos.

Isso quer dizer que, até onde a tecnologia atual evoluiu, não é possível conceber sistemas de grande porte de gerenciamento e tratamento de resíduos sem a previsão de aterros sanitários para a disposição final – direta ou indireta – dos resíduos sólidos urbanos (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993; DIAZ *et al.*, 1996).

3.4.2. Alternativas Locacionais

As alternativas locacionais são aqui abordadas como alternativas no âmbito regional (considerando Bragança Paulista e seus vizinhos) e dentro do próprio Município.

3.4.2.1. Alternativas Locacionais de Âmbito Regional

Em um estudo conduzido em conjunto com a CETESB, em 2001 (CETESB/Consórcio ENGEVIX-JMR, 2001), foi elaborado um Plano Diretor de Resíduos Sólidos para a região compreendida pelo projeto “Entre Águas e Serras”, objetivando melhorar as condições de gerenciamento dos resíduos sólidos nos Municípios que se encontram nas vertentes da Serra da Mantiqueira e que drenam para a bacia onde se localizam os reservatórios de montante do Sistema Cantareira, que responde por mais de 50% da água tratada distribuída em São Paulo.

Este estudo recomendou a utilização do aterro sanitário da **Embraliço**, em Bragança Paulista, como a melhor alternativa para a disposição final dos resíduos sólidos domésticos não apenas de Bragança Paulista, como também dos Municípios vizinhos, a saber: Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Joanópolis, Nazaré Paulista, Pinhalzinho, Piracaia, Tuiuti e Vargem.

À época, alguns destes Municípios ainda apresentavam valores de IQR bastante baixos e desde então alguns Municípios passaram a dispor seus resíduos em outros Municípios, como é o caso de Atibaia e Bom Jesus dos Perdões, que vêm utilizando um aterro sanitário particular em São Paulo, distante do local de geração 47 km e 58 km, respectivamente, e Nazaré Paulista, que dispõe em outro aterro sanitário particular localizado em Santa Isabel, a aproximadamente 60 km de distância, após transbordo de seus resíduos.

Essas alternativas indicam que já vem ocorrendo uma outra regionalização na disposição final dos resíduos dos Municípios vizinhos a Bragança Paulista, alguns dos quais transportando seus resíduos para outros Municípios por opção ou por falta de escala para manterem seus próprios aterros sanitários. A seguir, é apresentada uma análise da possibilidade de regionalização do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**.

Como alternativas regionais para recepção dos resíduos sólidos de Bragança Paulista, foram aqui considerados os Municípios vizinhos, quais sejam: Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Joanópolis, Nazaré Paulista, Pedra Bela, Pinhalzinho, Piracaia, Tuiuti e Vargem.

Para avaliação da melhor opção de disposição final dos resíduos de Bragança Paulista e de seus Municípios vizinhos, além das condições atuais de disposição final de resíduos dos Municípios vizinhos (já analisadas no item 3.3.3), foram considerados os seguintes fatores:

- Valores do IQR – Índice de Qualidade de Resíduos – definido e monitorado pela CETESB (com valores disponíveis para o período de 1997 a 2007);
- Trajetos a serem percorridos pelos caminhões coletores ou de transferência de resíduos caso a disposição final passe a ocorrer em um aterro regional;
- Efeito das distâncias entre o centro de Bragança Paulista e os locais utilizados pelos Municípios vizinhos para dispor seus resíduos;
- Estimativa de toneladas X quilômetros percorridos nas alternativas de disposição; e
- Alternativas para um aterro regional.

a) Evolução do IQR – Índice de Qualidade de Resíduos

O primeiro indicador considerado na avaliação das alternativas locais foi a evolução dos valores dos “Índices de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR”, levantados pela CETESB em seu Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (CETESB, 2007).

De acordo com este Inventário, valores de IQR de 0,0 até 6,0 indicam condições de disposição inadequadas; valores de IQR entre 6,1 e 8,0 indicam condições controladas, e valores de IQR entre 8,1 e 10,0 indicam condições adequadas.

Os valores obtidos pelos Municípios analisados são mostrados no **Quadro 3.8**, ao passo que a evolução dos valores de IQR é apresentada na **Figura 3.8**.

Quadro 3.8. - Valores de IQR de Bragança Paulista e Municípios Vizinhos, 1997-2007

Município	Valores do IQR											Condição de Operação
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Atibaia (1)	1,8	2,1	2,2	2,2	8,8	9,0	9,4	9,4	9,6	9,4	9,6	Adequado
Bom Jesus dos Perdões	1,9	4,2	3,3	2,8	2,6	8,0	9,8	8,5	6,9	9,4	9,7	Adequado
Bragança Paulista	9,1	9,2	8,9	9,2	8,8	9,0	9,0	7,8	8,2	7,4	9,3	Adequado
Joanópolis	1,5	1,5	3,7	3,5	3,4	9,1	9,2	8,4	8,1	7,6	7,5	Controlado
Nazaré Paulista (2)	3,2	3,3	5,7	4,5	6,7	7,8	9,8	9,6	9,3	8,6	9,7	Adequado
Pedra Bela	5,9	5,8	5,8	5,2	8,6	8,1	8,4	8,9	8,3	7,2	6,9	Controlado
Pinhalzinho	2,2	5,0	4,3	3,9	7,9	7,8	5,5	5,1	7,0	4,8	5,5	Inadequado
Piracaia	3,2	3,2	3,4	3,4	6,1	8,1	6,6	7,1	5,8	4,4	4,3	Inadequado
Tuiuti	3,6	3,5	4,4	5,5	6,3	6,1	5,2	4,4	3,9	7,5	8,0	Controlado
Vargem	7,6	9,2	7,7	6,3	6,7	6,1	5,7	4,2	4,9	4,3	9,6	Adequado

(1) Dispõe em Aterro Sanitário Particular, em São Paulo;

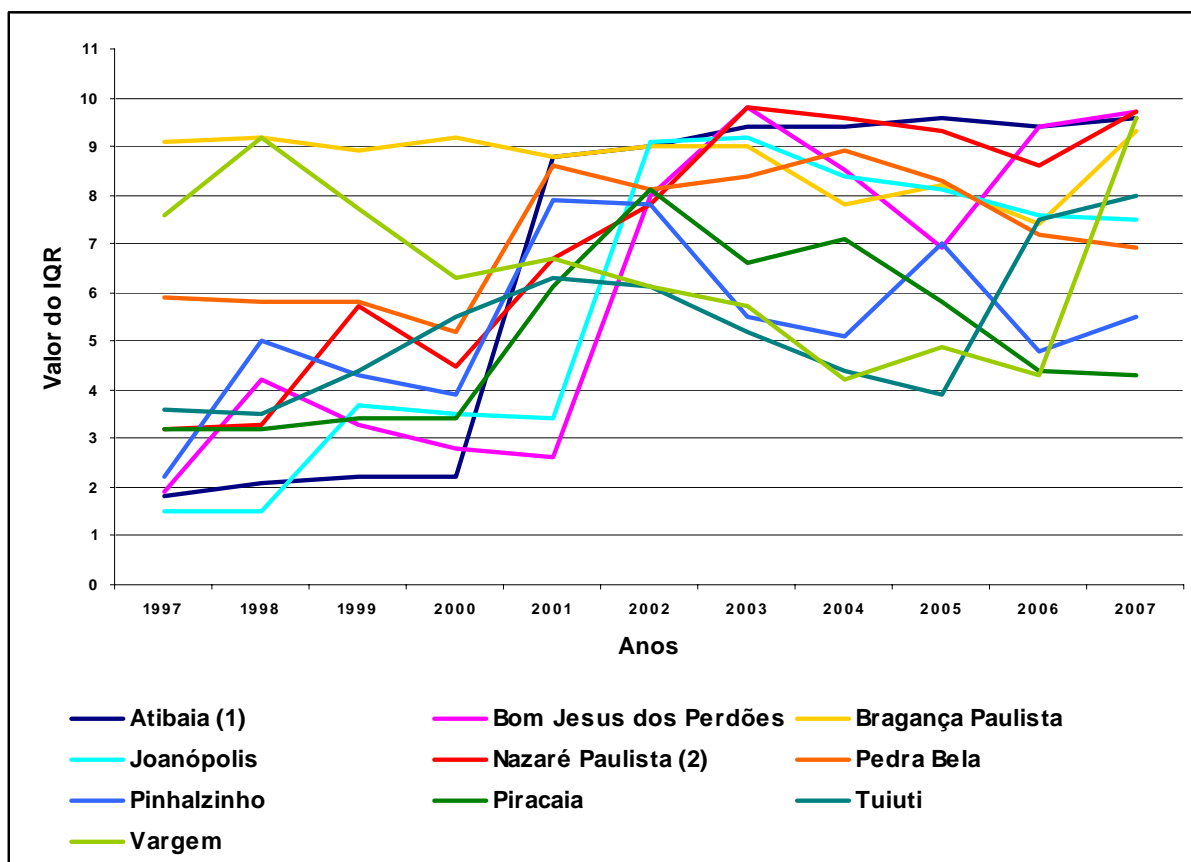
(2) Dispõe em Aterro Sanitário Particular, em Santa Isabel.

Fonte: CETESB, 2007.

Diversos Municípios vizinhos a Bragança apresentaram valores de IQR abaixo daqueles considerados “adequados” ou “controlados” pela CETESB, havendo alguns que melhoraram seus índices e outros que pioraram no mesmo período.

No caso de Bragança Paulista, os valores de IQR se mantiveram no nível “adequado”, à exceção de 2004 e 2006, quando o mesmo caiu para nível considerado como sendo “controlado” em função de dificuldades operacionais enfrentadas no local.

Figura 3.8. - Evolução dos Valores de IQR de Bragança Paulista e Municípios Vizinhos (1997-2007)



Fonte: desenvolvido a partir de CETESB, 2007.

b) Trajeto entre o Aterro Sanitário de Bragança Paulista e Municípios Vizinhos

Caso o aterro sanitário da **Embraliço**, em Bragança Paulista viesse a se tornar um aterro regional servindo aos Municípios vizinhos, conforme indicado no Plano Diretor de Resíduos Sólidos da região abrangida pelo Projeto “Entre Águas e Serras” (CETESB/Consórcio ENGEVIX-JMR, 2001), seria necessário levar em consideração as distâncias de transporte envolvidas bem como as respectivas condições de acesso.

O **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** dista 3 km da rodovia Alkimar M. Junqueira (SP-063), que liga Bragança Paulista a Itatiba, sendo 2,5 km em terra de conservação

razoável e 0,5 km pavimentados, com conservação apenas razoável e praticamente sem sinalização horizontal.

A distância do aterro sanitário da **Embraliço** até a rodovia Capitão Bardoíno (SP-008 – acesso para Pinhalzinho e Pedra Bela) é de 2,0 km em terra com acesso íngreme e conservação oscilando de razoável a boa, atravessando trecho urbano em Bragança Paulista.

A distância do aterro sanitário da **Embraliço** até a rotatória Monumento de Portugal (confluência da avenida Dr. Plínio Salgado com avenida dos Imigrantes) é de 3,5 km, sendo 2 km em estrada de terra (já citado no parágrafo anterior), e 1 km em asfalto pela rodovia SP-008 (sentido Bragança Paulista), atravessando o bairro São Miguel.

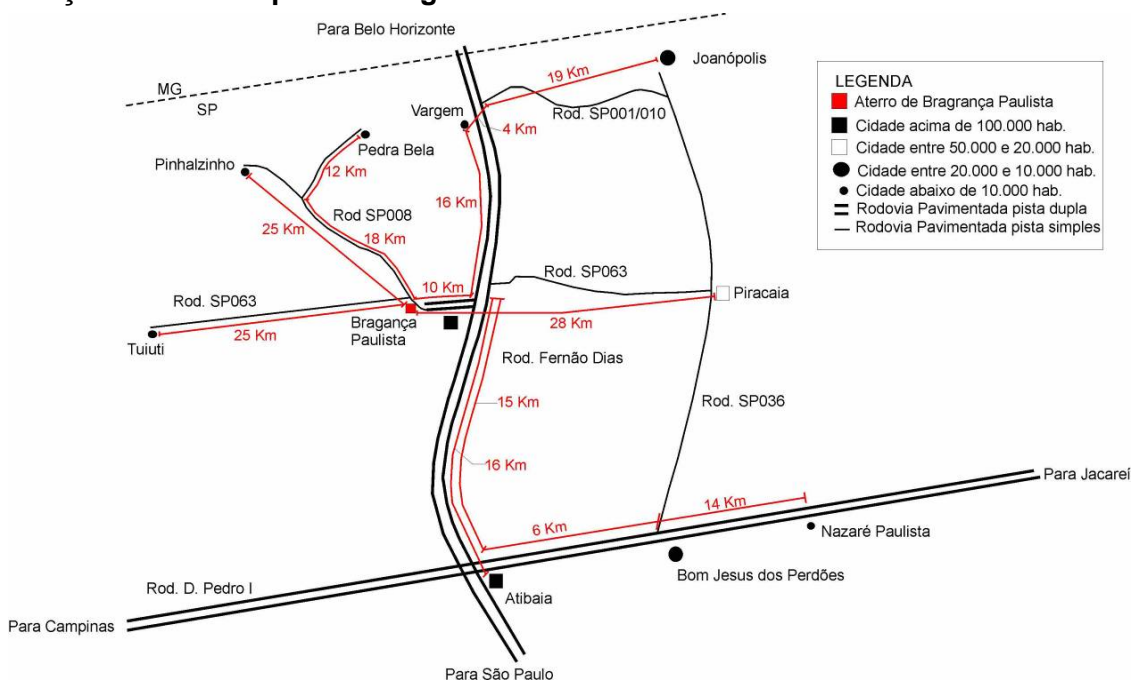
A distância do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** até a rotatória com a avenida dos Imigrantes (saída para Itatiba), via rodovia SP-063, é de 9,5 km, sendo 6,5 km pela rodovia e 3 km pelo acesso ao bairro Campo Novo.

A distância do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** até a rodovia D. Pedro I (SP-065) é de 28 km, sendo 25 km pela SP-063. O trevo de acesso ao bairro Campo Novo fica no km 49,5 da SP-063.

A distância do aterro sanitário da **Embraliço** até a rodovia Fernão Dias (BR-381) é de 10 km, com trecho de 2 km em terra; 6 km em trecho urbano e 2 km em via de acesso entre a área urbana de Bragança e a rodovia com limite de velocidade controlado por dispositivos eletrônicos (radares).

A **Figura 3.9** mostra um esquema geral sem escalas da localização do aterro sanitário da **Embraliço** em relação aos Municípios considerados nesta análise locacional.

Figura 3.9. - Localização Esquemática do Aterro Sanitário de Bragança Paulista em relação aos Municípios da Região



Os descritivos e informações específicas dos trajetos entre o **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** e os referidos Municípios são apresentados no **Quadro 3.9**.

Quadro 3.9. - Distâncias entre o Aterro Sanitário de Bragança Paulista e os Municípios Vizinhos e Características dos Acessos

Município	Distância (km)	Discriminação das Distâncias do Aterro aos Locais de Interesse	Condições dos Acessos
Atibaia	26,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km entre o aterro e o trevo da rodovia Fernão Dias (BR-381); e 16 km entre o trevo da rodovia Fernão Dias, até a entrada do Município de Atibaia. 	<ul style="list-style-type: none"> Rodovia Fernão Dias duplicada e bem pavimentada, com sinalização horizontal e vertical irregulares; Não há pedágios ou balanças fixas nem posto rodoviário, mas há um sistema de controle de velocidade tipo "lombada eletrônica", dotado de radares fotográficos.
Pedra Bela	30,0	<ul style="list-style-type: none"> 12 km até a entrada do Município de Pedra Bela, pela rodovia Capitão Bardoíno (SP-008); e 18km pela estrada para Pedra Bela (sem nomenclatura aparente). 	<ul style="list-style-type: none"> Acessos bem conservados, em pista simples e sinuosa, com trechos em declives e aclives, trechos em manutenção (pavimentação e sinalização horizontal em implantação), com boa sinalização; Movimento intenso de veículos pesados e leves; Não há pedágios, balanças fixas, nem posto rodoviário.
Pinhalzinho	25,0	<ul style="list-style-type: none"> 25 km até a entrada do Município de Pinhalzinho utilizando rodovia Capitão Bardoíno (SP-008). 	<ul style="list-style-type: none"> Condições descritas no acesso a Pedra Bela.
Tuiuti	25,0	<ul style="list-style-type: none"> 25 km até a entrada do Município de Tuiuti pela rodovia Benevenuto Moretto (SP-095), na saída para Amparo a partir de Bragança Paulista. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrada bem conservada, com pista simples, pouco sinuosa, com trechos em declive e aclive, trecho inicial com lombadas, dificultando ultrapassagens; boa sinalização; Intenso movimento de veículos (pesados e leves); Não há pedágios, balanças fixas, nem posto rodoviário.
Vargem	26,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km atravessando a área urbana de Bragança até o trevo de acesso à Fernão Dias (BR-381); 16 km em direção norte pela BR-381. 	<ul style="list-style-type: none"> Rodovia Fernão Dias, com pista dupla, pavimentação razoável; Sinalização irregular, havendo trechos sem sinalização horizontal; Não há pedágios nem balança fixa nesse trecho, mas há um posto da Polícia Rodoviária Federal.
Joanópolis	49,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km até a rodovia Fernão Dias; 20 km por esta rodovia até trevo do km 02 de acesso à estrada "Entre Serras e Águas" (SP-003/010); e 19 km seguindo por esta estrada. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrada "Entre Serras e Águas" considerada estrada turística pelas paisagens e vistas panorâmicas, com pista asfaltada, simples e muito sinuosa, com trechos de declives e aclives íngremes; Trânsito de veículos razoavelmente intenso; Sinalização é boa; Não há balança fixa e nem posto policial
Piracaia	28,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km até o trevo da rodovia Fernão Dias; 18 km pela rodovia Padre Aldo Bollini (SP-063). 	<ul style="list-style-type: none"> Trajeto asfaltado, com várias curvas e pista simples, sem declives acentuados; No trecho urbano de Piracaia, pista com lombadas; Movimento relativamente intenso de veículos. Acesso da rodovia Fernão Dias à rodovia Padre Aldo Bollini (SP-063) muito precário e até perigoso (em terra, com grandes desníveis e mal sinalizado).
Nazaré Paulista	39,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km até o trevo da rodovia Fernão Dias; 15 km do trevo da rodovia Fernão Dias (aproximadamente o mesmo trecho referente ao acesso até Atibaia) até o trevo de entroncamento com a rodovia D. Pedro I; 14 km pela rodovia D. Pedro I. 	<ul style="list-style-type: none"> Rodovia D. Pedro I, pista dupla muito bem sinalizada em direção de Nazaré Paulista; Um pedágio na rodovia Dom Pedro I, em Nazaré Paulista; Há Posto Rodoviário em Atibaia, mas não há balanças fixas; Alguns trechos com limitação de velocidade para faixas de pedestres.
Bom Jesus dos Perdões	31,0	<ul style="list-style-type: none"> 10 km até o trevo da rodovia Fernão Dias; 15 km do trevo da rodovia Fernão Dias até o trevo de entroncamento com a Rod. D. Pedro I; 6,0 km pela rodovia D. Pedro I em direção a Bom Jesus dos Perdões. 	<ul style="list-style-type: none"> Condições de pavimentação e sinalização nestes trechos são boas, com trechos com limitação de velocidade para faixas de pedestres; Há um Posto Rodoviário em Atibaia, mas não há balanças fixas e tampouco pedágios.

c) Distância entre Bragança Paulista e as Áreas de Disposição Utilizadas pelos Municípios Vizinhos

Caso a ampliação do aterro da **Embralixo** em Bragança Paulista não venha a ocorrer e este Município necessite encaminhar seus resíduos para quaisquer das áreas atualmente empregadas pelos Municípios vizinhos – a despeito de as mesmas serem tecnicamente adequadas e possuírem capacidade suficiente para receber os resíduos de Bragança Paulista – faz-se necessário estimar também as distâncias que assim deveriam ser percorridas, tomando como ponto de partida o centro de Bragança Paulista.

Assim, o **Quadro 3.10** mostra a distância do centro de Bragança Paulista até as áreas atuais de disposição dos Municípios vizinhos, independentemente de as mesmas serem aptas ou não a receberem os resíduos dos respectivos municípios e os de Bragança Paulista. Os dados deste **Quadro 3.10** foram computados considerando-se uma distância de aproximadamente 5 km entre o centro de Bragança Paulista e o local onde se encontra a entrada do aterro sanitário da **Embralixo**.

Quadro 3.10. - Quadro de Distâncias do Centro de Bragança Paulista até os Locais Utilizados pelos Municípios Vizinhos para Disposição Final de Seus Resíduos

Destino	Distância (km)
Atibaia – Local de Disposição em São Paulo	68,0
Pinhalzinho – Local de Disposição Atual	32,5
Pedra Bela – Local de Disposição Atual	34,0
Tuiuti – Local de Disposição Atual	22,0
Vargem – Local de Disposição Atual	27,0
Joanópolis – Local de Disposição Atual	46,0
Piracaia – Local de Disposição Atual	25,5
Nazaré Paulista – Local de Disposição em Santa Isabel	135,0
Bom Jesus dos Perdões – Local de Disposição em São Paulo	68,0

d) Estimativa de Toneladas X Quilômetros a Serem Percorridos nas Alternativas de Disposição

Para estimar qual a localização mais “central” (aquela que resulta melhor eficiência em termos de deslocamentos medidos como o produto das toneladas a serem transportadas pelas distâncias – ton X km/dia), construiu-se o **Quadro 3.11**, com base nos dados adotados pela CETESB em seu Inventário Estadual de Resíduos Sólidos (CETESB, 2007).

De forma análoga, os **Quadros 3.12 e 3.13** mostram os resultados comparáveis ao se utilizar as gerações diárias estimadas com base nas cotas *per capita* verificadas na PNSB-2000, respectivamente para Municípios sem balança e Municípios com balança.

Quadro 3.11. - Cômputo Toneladas X Quilômetros considerando disposição em Bragança Paulista e os dados da CETESB

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	26,0	59,0	1.534,0
Bom Jesus dos Perdões	31,0	5,6	173,6
Bragança Paulista	5,0	66,2	331,0
Joanópolis	49,0	5,0	245,0
Nazaré Paulista	39,0	2,7	105,3
Pedra Bela	30,0	0,5	15,0
Pinhalzinho	25,0	2,6	65,0
Piracaia	28,0	10,8	302,4
Tuiuti	25,0	1,1	27,5
Vargem	26,0	1,4	36,4
<i>Totais</i>		<i>154,9</i>	<i>2.835,2</i>

Quadro 3.12. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Bragança Paulista e os Dados da PNSB-2000 sem balança

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	26,0	66,0	1.716,0
Bom Jesus dos Perdões	31,0	5,9	182,9
Bragança Paulista (1)	5,0	119,4	597,0
Joanópolis	49,0	5,7	279,3
Nazaré Paulista	39,0	3,3	128,7
Pedra Bela	30,0	0,7	21,0
Pinhalzinho	25,0	3,0	75,0
Piracaia	28,0	13,8	386,4
Tuiuti	25,0	1,2	30,0
Vargem	26,0	1,6	41,6
<i>Totais</i>		<i>220,6</i>	<i>3.457,9</i>

(1) No caso de Bragança Paulista, a quantidade de resíduos é pesada no aterro sanitário da Embraliço.

Quadro 3.13. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Bragança Paulista e os Dados da PNSB-2000 com balança

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	26,0	92,2	2.397,2
Bom Jesus dos Perdões	31,0	5,1	158,1
Bragança Paulista (1)	5,0	119,4	597,0
Joanópolis	49,0	4,9	240,1
Nazaré Paulista	39,0	3,9	152,1
Pedra Bela	30,0	0,8	24,0
Pinhalzinho	25,0	3,5	87,5
Piracaia	28,0	15,3	428,4
Tuiuti	25,0	1,4	35,0
Vargem	26,0	1,9	49,4
<i>Totais</i>		<i>248,4</i>	<i>4.168,8</i>

(1) No caso de Bragança Paulista, a quantidade de resíduos é pesada no aterro sanitário da Embraliço.

Conforme se pode aprender dos **Quadros 3.11, 3.12 e 3.13** os valores do produto toneladas X quilômetros de deslocamento podem resultar elevados, mesmo no caso de se utilizar o aterro sanitário da **Embralixo**, em Bragança Paulista. No caso de se considerar o cenário de maior geração de resíduos, o somatório dos produtos de deslocamento implicam 4.168,8 km X toneladas por dia.

Os Municípios de maior porte, nominalmente Bragança Paulista e Atibaia (nessa seqüência) são os condicionantes econômicos de centralização de local de disposição de resíduos sólidos domésticos, uma vez que geram maiores quantidades de resíduos do que os demais Municípios à luz de suas populações serem maiores (portanto de forma não dependente do valor de cota *per capita* adotado, desde que de forma homogênea para os Municípios analisados).

O problema que decorre de tal questão é que Atibaia atualmente já vem dispondo seus resíduos em um aterro sanitário particular em São Paulo, localizado a 47 km do centro gerador em Atibaia, e a 73 km do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**. Caso o Município de Bragança Paulista tivesse que encaminhar seus resíduos para a alternativa hoje utilizada por Atibaia, o produto de deslocamento apenas de Bragança Paulista resultaria nada menos do que 8.119,2 t X km, quase o dobro da soma de deslocamentos no caso de se utilizar o aterro sanitário da **Embralixo**, em Bragança Paulista, como local de disposição regional.

Assim, o **Quadro 3.14** simula os valores que resultariam para o produto toneladas X quilômetros apenas para os resíduos domésticos do Município de Bragança Paulista caso os mesmos fossem encaminhados para disposição nas áreas atualmente utilizadas pelos Municípios vizinhos, a despeito de critérios de capacidade e adequação das mesmas.

Observa-se que, caso Bragança Paulista venha a utilizar, por exemplo, o aterro sanitário particular localizado em Santa Isabel, já utilizado por Nazaré Paulista, o resultado do produto de deslocamento seria de 11.343 t X km, quase três vezes superior à opção de tornar o aterro sanitário da **Embralixo** um aterro regional.

Quadro 3.14. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição dos Resíduos Gerados em Bragança Paulista nas Áreas Atualmente Utilizadas pelos Municípios Vizinhos

Município	Distância (km) (1)	Toneladas a Serem Transportadas	Resultado (ton X km)
Atibaia	68,0	119,4	8.119,2
Bom Jesus dos Perdões	68,0		8.119,2
Bragança Paulista	5,0		597,0
Joanópolis	46,0		5.492,4
Nazaré Paulista	95,0		11.343,0
Pedra Bela	34,0		4.059,6
Pinhalzinho	27,5		3.283,5
Piracaia	25,5		3.044,7
Tuiuti	22,0		2.626,8
Vargem	27,0		3.223,8

(1): As distâncias aqui consideradas foram computadas com base no Quadro 3.11 subtraindo-se os 5 km que separam o aterro sanitário da Embralixo do centro de Bragança Paulista.

Com base nos resultados do **Quadro 3.13** os únicos locais de disposição competitivos com o atual aterro sanitário da **Embraliço** para os resíduos domésticos de Bragança Paulista (considerando como parâmetro o resultado somado do **Quadro 3.14** seriam aqueles utilizados por Pedra Bela, Pinhalzinho, Piracaia, Tuiuti e Vargem, cujo valor resultante em termos de toneladas X km por dia seriam inferiores àqueles que resultariam de tornar o **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** um aterro regional servindo aos Municípios analisados.

Ainda assim, até o momento só se analisou distâncias, condições de acesso e geração de resíduos, sem qualquer consideração sobre a capacidade e adequação dos locais de disposição de todos estes Municípios, o que é abordado na sequência.

e) Comparação das Alternativas para um Aterro Regional

No sentido de avaliar quais as opções factíveis para o recebimento de resíduos domésticos gerados nos Municípios desta região há que se considerar, primeiramente, a distância de cada Município (centro gerador de resíduos domésticos) em relação às respectivas áreas de disposição final, conforme pode ser visto no **Quadro 3.15**.

Quadro 3.15. - Quadro de Distância entre os centros dos Municípios e as Respectivas Áreas de Disposição Final

Município	Distância do Centro ao Local de Disposição (km)
Atibaia	47,0
Bom Jesus dos Perdões	53,0
Bragança Paulista	5,0
Joanópolis	2,0
Nazaré Paulista	100,0
Pedra Bela	9,0
Pinhalzinho	7,5
Piracaia	2,5
Tuiuti	2,0
Vargem	6,0

De maneira análoga, faz-se necessário desenvolver um quadro de distâncias entre todos os centros geradores e todos os locais de disposição final, uma vez que os deslocamentos entre ambos devem ser considerados como sendo “percurso morto” no dimensionamento da frota de coleta de resíduos, no qual os caminhões não podem coletar nada, mas devem apenas se deslocar, cheios ou vazios. Isso tem implicações bastante sérias para todos os Municípios: para aqueles maiores, quando os caminhões estiverem “preenchidos”, eles devem parar de coletar e se deslocarem ao local de disposição, que deve ser, para otimizar a frota, o mais próximo possível; para aqueles pequenos, mesmo que a quantidade de resíduos seja relativamente pequena, podem ser necessárias muitas viagens, a depender das distâncias envolvidas. Tais “percursos mortos” têm custos não apenas no que tange ao transporte (combustível, lubrificantes, depreciação do veículo, número de horas de operação do motor, número de ciclos da carroceria compactadora, etc.), como também resulta impactos significativos sobre os custos das prefeituras ou das empresas de coleta, que passam a ter que realizar turnos mais longos das equipes de motoristas e garis, por vezes demandando horas extras ou a mobilização de outras equipes em outros turnos.

Deve-se levar em conta que os chamados “centros geradores” de resíduos domésticos (aqui assumidos como os centros das cidades-sede destes Municípios) não coincidem com os locais de disposição dos resíduos, o que faz com que as distâncias entre as origens e destinos consideradas no **Quadro 3.16** não coincidam, além de se repetirem quando se considera que Atibaia e Bom Jesus dos Perdões encaminham seus resíduos para um mesmo aterro sanitário particular em São Paulo.

Do **Quadro 3.16** é notável observar que, independentemente de se considerar o produto toneladas X km para estes arranjos pares de origem-destino, quase sempre que se considera um centro gerador de resíduos domésticos (centro de sede de Município), a menor distância até qualquer uma das nove áreas de disposição aqui consideradas sempre resulta na área atual de cada um dos Municípios (que pode não ter avaliação de IQR “adequado” pela CETESB), ou para o **Aterro Sanitário de Bragança Paulista** (a única exceção é a relação de proximidade entre Vargem e Joanópolis, ambos Municípios que geram pequenas quantidades de resíduos domésticos).

Quadro 3.16. - Distâncias entre Centros Geradores de Resíduos Domésticos e os Locais de Disposição (em km)

Centro Gerador de Resíduos Domésticos - Distâncias -	Áreas de Disposição de Resíduos Domésticos									
	Valores de IQR das Áreas de Disposição									
	9,6	9,7	9,3	7,5	9,7	6,9	5,5	4,3	8,0	9,6
	Atibaia	Bom Jesus dos Perdões	Bragança Paulista	Joanópolis	Nazaré Paulista	Pedra Bela	Pinhalzinho	Piracaia	Tuituti	Vargem
Atibaia	47,0	53,0	26,0	57,0	109	65,0	51,5	36,5	53,0	38,0
Bom Jesus dos Perdões	53,0	53,0	31,0	58,0	108	71,0	69,5	42,5	59,0	44,0
Bragança Paulista	68,0	68,0	5,0	46,0	140	34,0	27,5	25,5	22,0	27,0
Joanópolis	97,0	97,0	49,0	2,0	164	83,0	76,5	52,0	55,0	22,0
Nazaré Paulista	61,0	61,0	39,0	66,0	100	79,0	72,5	50,5	67,0	52,0
Pedra Bela	103	103	30,0	76,0	165	9,0	26,5	60,5	57,0	62,0
Pinhalzinho	98,0	98,0	25,0	71,0	160	28,0	7,5	55,5	52,0	57,0
Piracaia	81,0	81,0	28,0	54,0	143	67,0	60,5	2,5	55,0	40,0
Tuituti	98,0	98,0	25,0	71,0	160	64,0	57,5	55,5	2,0	57,0
Vargem	79,0	79,0	26,0	20,0	141	65,0	58,5	36,5	53,0	6,0

Assim, sob o aspecto econômico, além de Bragança Paulista, convém checar a situação que resultaria no caso de, por exemplo, vir a ser adotado como solução regional o uso das áreas atuais de disposição de Atibaia (e conseqüentemente de Bom Jesus dos Perdões), ou mesmo a de Nazaré Paulista, ambas muito distantes do pólo regional que é, sem dúvida, Bragança Paulista.

Assim, de forma complementar ao exercício de cômputo de produtos toneladas X quilômetros realizado apenas para Bragança Paulista no **Quadro 3.16**, aqui se desenvolveram dois quadros, respectivamente numerados como **3.17** e **3.18** considerando todos estes Municípios dispondo seus resíduos na mesma área hoje

utilizada por Atibaia e Bom Jesus dos Perdões, bem como para a disposição no mesmo aterro utilizado por Nazaré Paulista, em Santa Isabel, considerando sempre as gerações máximas computadas no **Quadro 3.17**.

Quadro 3.17. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em São Paulo, como já o fazem Atibaia e Bom Jesus dos Perdões

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	47,0	92,2	4.333,4
Bom Jesus dos Perdões	53,0	5,1	270,3
Bragança Paulista	68,0	119,4	8.119,2
Joanópolis	97,0	4,9	475,3
Nazaré Paulista	61,0	3,9	237,9
Pedra Bela	103,0	0,8	86,4
Pinhalzinho	98,0	3,5	343,0
Piracaia	81,0	15,3	1.239,3
Tuiuti	98,0	1,4	137,2
Vargem	79,0	1,9	150,1
<i>Totais</i>		248,4	15.392,1

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Quadro 3.18. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Santa Isabel, como é feito por Nazaré Paulista

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	109,0	92,2	10.049,8
Bom Jesus dos Perdões	108,0	5,1	550,8
Bragança Paulista	140,0	119,4	16.716,0
Joanópolis	164,0	4,9	803,6
Nazaré Paulista	100,0	3,9	390,0
Pedra Bela	165,0	0,8	132,0
Pinhalzinho	160,0	3,5	560,0
Piracaia	143,0	15,3	2.187,9
Tuiuti	160,0	1,4	224,0
Vargem	141,0	1,9	267,9
<i>Totais</i>		248,4	31.882,0

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

As duas outras possibilidades que se configuram com algum indicador ambiental capaz de garantir viabilidade – “IQR adequado” – são Joanópolis e Pedra Bela. No caso de Joanópolis, o cômputo toneladas X quilômetros é apresentado no **Quadro 3.19**.

Conforme comentado, Joanópolis é uma cidade turística e dificilmente seria possível viabilizar a disposição final de cerca de 250 toneladas diárias de resíduos domésticos no seu atual local de disposição, em função da área disponível e mesmo da proximidade ao centro urbano. Além disso, Joanópolis é um pequeno gerador de resíduos domésticos e tampouco se encontra na porção mais central destes Municípios, não parecendo um candidato lógico a receber um aterro regional, mesmo que em outra área que não aquela atualmente utilizada para receber suas menos de 5 toneladas diárias de resíduos.

Quadro 3.19. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Joanópolis

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	57,0	92,2	5.225,4
Bom Jesus dos Perdões	58,0	5,1	295,8
Bragança Paulista	46,0	119,4	5.492,4
Joanópolis	2,0	4,9	9,8
Nazaré Paulista	66,0	3,9	257,4
Pedra Bela	76,0	0,8	60,8
Pinhalzinho	71,0	3,5	248,5
Piracaia	54,0	15,3	826,2
Tuiuti	71,0	1,4	99,4
Vargem	20,0	1,9	38,0
<i>Totais</i>		<i>248,4</i>	<i>12.553,7</i>

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Já o caso de Pedra Bela, onde a área atualmente explorada não pareceu ser “adequada” na visita de campo (IQR 2007 = 6,9) tem seus produtos tonelada X quilômetros apresentados no **Quadro 3.20**.

Quadro 3.20. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Pedra Bela

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	65,0	92,2	5.993,0
Bom Jesus dos Perdões	71,0	5,1	362,1
Bragança Paulista	34,0	119,4	4.059,6
Joanópolis	83,0	4,9	406,7
Nazaré Paulista	79,0	3,9	308,1
Pedra Bela	9,0	0,8	7,2
Pinhalzinho	28,0	3,5	98,0
Piracaia	67,0	15,3	1.025,1
Tuiuti	64,0	1,4	89,6
Vargem	65,0	1,9	123,5
<i>Totais</i>		<i>248,4</i>	<i>12.472,9</i>

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

É surpreendente que os resultados dos cômputos toneladas X km de Joanópolis e de Pedra Bela sejam próximos. Isso se deve ao fato de ambos serem Municípios relativamente afastados dos demais, e ambos serem pequenos geradores de resíduos sólidos domésticos, tornando-os candidatos pouco atraentes para centralizarem a disposição final de resíduos.

Em função de não se descartar o exercício de otimização pelos percursos, que seriam um dos principais fatores econômicos de decisão, há que se repetir o cômputo toneladas X km também para os Municípios de Pinhalzinho, Piracaia, Tuiuti e Vargem, mesmo que suas áreas atuais não tenham valores de IQR considerados “adequados” pela CETESB. Assim, tais cômputos são apresentados nos **Quadros 3.21 a 3.25**, respectivamente para estes Municípios.

Quadro 3.21. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Pinhalzinho

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	51,1	92,2	4.711,42
Bom Jesus dos Perdões	64,5	5,1	328,9
Bragança Paulista	27,5	119,4	3.283,5
Joanópolis	76,5	4,9	374,8
Nazaré Paulista	72,5	3,9	282,8
Pedra Bela	26,5	0,8	21,2
Pinhalzinho	7,5	3,5	26,3
Piracaia	60,5	15,3	925,7
Tuiuti	57,5	1,4	80,5
Vargem	58,5	1,9	111,2
Totais		248,4	10.146,32

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Quadro 3.22. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Piracaia

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	36,5	92,2	3.365,3
Bom Jesus dos Perdões	42,5	5,1	216,8
Bragança Paulista	25,5	119,4	3.044,7
Joanópolis	52,0	4,9	254,8
Nazaré Paulista	50,5	3,9	197,0
Pedra Bela	60,5	0,8	48,4
Pinhalzinho	55,5	3,5	194,3
Piracaia	2,5	15,3	38,3
Tuiuti	55,5	1,4	77,7
Vargem	36,5	1,9	69,4
Totais		248,4	7.506,7

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Quadro 3.23. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Tuiuti

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	53,0	92,2	4.886,6
Bom Jesus dos Perdões	59,0	5,1	300,9
Bragança Paulista	22,0	119,4	2.626,8
Joanópolis	55,0	4,9	269,5
Nazaré Paulista	67,0	3,9	261,3
Pedra Bela	57,0	0,8	45,6
Pinhalzinho	52,0	3,5	182,0
Piracaia	55,0	15,3	841,5
Tuiuti	2,0	1,4	2,8
Vargem	53,0	1,9	100,7
Totais		248,4	9.517,7

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Quadro 3.24. - Cômputo Toneladas X Quilômetros Considerando Disposição em Vargem

Origem	Distância (km)	Geração (ton/dia)*	Resultado (ton X km / dia)
Atibaia	38,0	92,2	3.503,6
Bom Jesus dos Perdões	44,0	5,1	224,4
Bragança Paulista	27,0	119,4	3.223,8
Joanópolis	22,0	4,9	107,8
Nazaré Paulista	52,0	3,9	202,8
Pedra Bela	62,0	0,8	49,6
Pinhalzinho	57,0	3,5	199,5
Piracaia	40,0	15,3	612,0
Tuiuti	57,0	1,4	79,8
Vargem	6,0	1,9	11,4
Totais		248,4	8.214,7

(*) Base de estimativa- PNSB-2000.

Como forma de comparar e sistematizar os resultados obtidos, o **Quadro 3.25** apresenta um resumo do cômputo de toneladas X km para cada uma das alternativas de disposição aqui consideradas, apresentando-se pela seqüência do menor para o maior valor, ou seja, da alternativa economicamente mais eficiente em termos de minimização de percursos mortos para a maioria dos veículos de coleta, para aquelas que resultam maiores valores de toneladas X km, que certamente só se viabilizariam mediante o uso de estações de transferência de resíduos domésticos em vários dos Municípios de maior geração.

Quadro 3.25. - Resumo dos Cômputos Toneladas X Quilômetros das Alternativas

Local de Disposição	Município	Toneladas X km	Rank	Restrições
Aterro Sanitário de Bragança Paulista	Bragança Paulista	4.168,8	1	Depende de ampliação.
Aterro Municipal de Piracaia	Piracaia	7.506,7	2	IQR = 4,3 (inadequado).
Aterro em Valas de Vargem	Vargem	8.214,7	3	IQR = 9,6 (adequado); área muito pequena.
Aterro em Valas de Tuiuti	Tuiuti	9.517,7	4	IQR = 8,0 (adequado); área muito pequena.
Aterro Controlado de Pinhalzinho	Pinhalzinho	10.146,3	5	IQR = 5,5 (controlado).
Aterro Sanitário de Pedra Bela	Pedra Bela	12.473,9	6	IQR = 6,9 (controlado); muito distante de Atibaia.
Aterro Sanitário de Joanópolis	Joanópolis	12.553,7	7	IQR = 8,1 (adequado); área muito pequena e próxima ao centro; cidade turística; muito distante de Atibaia.
Aterro Sanitário CDR-Pedreira, utilizado por Atibaia e Bom Jesus dos Perdões	São Paulo	15.392,1	8	IQR = 9,6 (adequado); muito distante de Bragança Paulista e de todos os Municípios ao norte deste.
Aterro Sanitário particular em Santa Isabel, utilizado por Nazaré Paulista	Santa Isabel	31.882,0	9	Muito distante de todos os Municípios – inclusive de Nazaré Paulista, que depende de transbordo (hoje pouco adequado).

Além do aspecto distância, há que se considerar os aspectos de qualidade ambiental, utilizando-se como critério as áreas de disposição final cujo IQR seja considerado “adequado”. Além do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**, os Municípios que possuem locais de disposição considerados “adequados” (assim considerados conforme o IQR da CETESB para 2007) são: CDR-Pedreira (utilizado por Atibaia e Bom Jesus dos Perdões), Santa Isabel (utilizado por Nazaré Paulista), Joanópolis, Vargem e Tuiuti.

Dos demais Municípios, Pinhalzinho e Pedra Bela apresentam condição “controlada” e Piracaia, condições consideradas “inadequadas” pela CETESB. Os Municípios de Joanópolis, Vargem, Tuiuti, Pinhalzinho e Pedra Bela, embora apresentem condições “controlada” ou “adequada”, possuem áreas relativamente pequenas e muito próximas aos respectivos centros urbanos para constituírem opções regionais de disposição de resíduos sólidos.

Desta forma, considerando os volumes de resíduos gerados por Bragança Paulista, e a relação toneladas X km, e a capacidade de atendimento de outros locais de disposição na região, a alternativa de ampliar o aterro sanitário da **Embralixo**, em Bragança Paulista, parece ser a melhor forma de servir a este Município.

3.4.2.2. Alternativas Locacionais no Âmbito Municipal

No final dos anos 70 e início dos anos 80, a CETESB prestava assessoria técnica para os Municípios no controle e prevenção da poluição, e para melhoria de seus serviços de limpeza pública, em especial da destinação final do lixo. No caso de Bragança Paulista, a CETESB indicou a área atualmente operada pela **Embralixo** como adequada para a disposição dos resíduos sólidos urbanos e desenvolveu um projeto para a implantação do aterro sanitário. O **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**, localizado no bairro do Campo Novo, entrou em operação em 1982.

Consta que antes mesmo de abrigar o aterro sanitário, o terreno já recebia resíduos da Fábrica de Papel Santa Therezinha, que deixou de ser utilizado pela indústria no início dos anos 90 tendo sido coberto com terra.

O aterro com projeto da CETESB foi operado até o início dos anos 90, quando a **Embralixo**, que já operava o aterro sanitário, contratou um projeto de expansão para o mesmo. Em 1995, a CETESB aprovou um projeto de ampliação, que se encontra em operação até a presente data.

Durante a elaboração do Plano Diretor de Resíduos Sólidos referido anteriormente, foi ratificada a adequação do local de disposição de resíduos de Bragança Paulista, tendo sido inclusive indicado como local adequado para a implantação de um aterro de caráter regional. Em 2005, foi indicada a necessidade de se proceder a algumas melhorias no aterro em operação, sempre ratificando o local como adequado para tanto.

Desta forma, embora os volumes de geração de resíduos municipais não permitam sua utilização para o atendimento à região, o local ainda permanece caracterizado como adequado, contando ainda com área para sua expansão, aproveitando a infra-estrutura já instaladas. Desta forma, não foram analisadas alternativas locacionais dentro do Município de Bragança Paulista.

3.5. Alternativa Selecionada

A alternativa selecionada constitui-se na ampliação do **Aterro Sanitário de Bragança Paulista**, cuja localização é visualizada na **Figura 3.10**.

A ampliação proposta permitirá dar continuidade à disposição adequada de resíduos sólidos do Município, refletida pelo indicador de qualidade de aterros de resíduos (IQR) definido pela CETESB.

Mesmo com tal aumento de capacidade, faz parte dos objetivos estratégicos manter este aterro com seu IQR sempre em níveis considerados adequados pela atual metodologia empregada pela CETESB, contribuindo para os resultados que o esforço conjunto que a fiscalização da CETESB e a atuação dos Ministérios Públicos vêm obtendo em termos de melhorias gerais das condições de disposição final de resíduos sólidos no Estado de São Paulo nos últimos anos.

Entre os aspectos considerados para a solução adotada, destacam-se alguns aspectos associados à sua própria existência no local, a saber:

- A geomorfologia do local, em forma de anfiteatro natural, é adequada ao desenvolvimento de aterros sanitários, notadamente quando a estratégia de aproveitamento da área implica a conformação de taludes “fechando” tal anfiteatro, o que já vem sendo feito na operação atual e se pretende aproveitar conceitualmente caso a ampliação seja licenciada;
- Fazer uso do anfiteatro natural descrito acima é uma forma de utilizar adequadamente um recurso natural para uma atividade necessária à vida urbana comunitária;
- A composição do manto de intemperismo e as características geológicas da área também corroboram sua utilização para o desenvolvimento de um aterro sanitário, dentre outras atividades possíveis no local;
- A drenagem da área ocorre no fundo de vale natural formado pelo anfiteatro, com uma surgência (nascente) do ribeirão do Tabuão na porção mais a leste da área do aterro, quase nos limites da propriedade e visível com maior facilidade nos terrenos vizinhos, onde há pastos e inúmeros sinais de pastoreio de bovinos, inclusive com pisoteio intenso da cobertura vegetal e da própria lama do entorno imediato da nascente do córrego, já fora da propriedade do aterro sanitário (o córrego cuja nascente se encontra no limite leste da área do aterro – o ribeirão do Tabuão – é um afluente do ribeirão Lavapés, o qual, por sua vez, é um tributário do rio Jaguari);
- A área do aterro se localiza na periferia da mancha urbana, em área relativamente isolada, praticamente sem ocupação no entorno imediato e com características predominantemente rurais, sendo o aterro visível apenas de uma porção restrita do bairro mais próximo, o Jardim São Miguel. Cabe lembrar que o aterro está inserido em uma Macrozona Urbana I, sendo tal tipologia de uso do solo destinado à “implantação prioritária de equipamentos urbanos e comunitários”.

Figura 3.10. - Vista do Aterro Sanitário de Bragança Paulista