



MODALIDADES DA GESTÃO DAS DIMENSÕES DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS

Ricardo Martins¹

Cleide Viviane Buzanello Martins²

Resumo

Este estudo discutiu modalidades de gestão financeira da operação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em consórcios. O estudo foi motivado pelo interesse crescente da sociedade pelas questões da sustentabilidade, pelos desafios da capacidade dos municípios na gestão dos RSU, bem como na oportunidade de otimização de recursos e o uso de métodos de tratamento de resíduos que não o simples aterramento. O estudo evidenciou uma intensa ação do efeito escala nas unidades de processamento e destinação final de resíduos, que tem a ver com a viabilização de unidades de tratamento, bem como formas de interação público-privada.

Palavras-chave: Gestão de resíduos urbanos; Consórcios intermunicipais; Logística ambiental

Recebimento: 17/6/2013 • Aceite: 4/4/2014

¹ Doutor em Economia Aplicada. Professor do Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (CEPEAD) da Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil. E-mail: ricardomartins.ufmg@gmail.com

² Doutora em Microbiologia. Professora do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* (Mestrado) em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), PR, Brasil. E-mail: cvbmartins@gmail.com

ARRANGEMENTS FOR URBAN SOLID WASTE DIMENSIONS MANAGEMENT AMONG CITIES CONSORTIA

Abstract

This study discussed arrangements for financial management of the operation of the urban solid waste in consortia. The study was motivated by the growing interest of society in issues of sustainability, the challenges the capacity of municipalities in USW management, as well as the opportunity to optimize resource use and waste treatment methods other than simple grounding. The study showed an intense action of the scale effect in the processing units and disposal of waste, which has to do with the viability of treatment units, as well as forms of public-private interaction.

Keywords: Urban waste management; Intermunicipal consortia; Environmental logistics

Introdução

Os interesses da sociedade em termos de uma contribuição mais efetiva às questões ambientais implicam não apenas produzir menos resíduos, mas também como gerenciar melhor os crescentes volumes de resíduos gerados pelo processo de desenvolvimento e urbanização. Conforme Agamuthu, Khidzir e Fausiah (2009), a eficácia da gestão de resíduos deve contemplar, então, o combate ao desperdício, o incentivo à minimização do uso dos recursos da natureza e a prestação de serviços de coleta, bem como o estímulo à formação de uma cadeia produtiva reversa.

No Brasil, um marco destas questões voltadas à sustentabilidade é a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010b). A PNRS significa um expressivo avanço, pois a maioria das cidades brasileiras tem um histórico de disposição incorreta de resíduos sólidos urbanos. Segundo BID (2011), o cenário atual, de deterioração das condições sanitárias e predomínio de lixões, reflete os seguintes fatores: i) falta de planejamento das ações; ii) insuficiente capacidade de gestão dos municípios em geral; iii) falta de pessoal qualificado para o gerenciamento e gestão dos serviços; iv) impacto do custo da prestação dos serviços nos orçamentos dos municípios com baixa arrecadação traduzindo-se numa ausência da sustentabilidade financeira dos investimentos; v) baixos índices de reciclagem dos resíduos sólidos gerados; e vi) ausência dos poderes públicos estaduais e municipais como articuladores e fomentadores do processo de gestão associada dos serviços públicos.

O sistema de limpeza urbana, que configura o serviço público afeto, é composto pelos serviços de varrição, coleta, tratamento e disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO; BRANCO, 2011). Porém, na realidade dos municípios brasileiros, em raras situações, os serviços oferecidos pelos entes públicos incluem procedimentos diferenciados, tais como, coleta seletiva, triagem e compostagem, entre outros métodos. Deve-se entender que soluções outras que não o simples aterramento implicam a necessidade de aportes de capital vultosos para investimentos e para cobertura de custos, bem como uma determinada escala de produção que não estão acessíveis a muitos dos municípios brasileiros.

Os melhores resultados no manejo, tratamento e destinação final dos resíduos têm sido obtidos pelos grandes municípios e regiões

metropolitanas. Isto sinaliza que melhores resultados podem ser obtidos pela atuação conjunta e colaborativa das operações em consórcio de municípios de menor porte.

Desta forma, a Lei dos Resíduos Sólidos incrementa a aplicabilidade da Lei dos Consórcios Públicos, fomentando o desenvolvimento destes instrumentos, e até mesmo induzindo os entes federados, sobretudo os municípios, a se consorciarem como forma de melhor desempenhar o seu papel constitucional. A formação de consórcios públicos para Gestão de Resíduos Sólidos é regulamentada pela Lei 11.107/2005 e pela Lei 11.445/2007.

No entanto, algumas questões de gestão perduram, tais como aquelas referentes ao agrupamento geográfico dos municípios, pois este, por um lado, influencia positivamente a escala de resíduos e a viabilidade das soluções, mas, por outro, afeta negativamente os custos logísticos de movimentação de resíduos para as unidades de tratamento e disposição.

Mas, qual seria a melhor modalidade para a gestão das dimensões dos RSU, a oferta de serviço própria do consórcio, via empresa pública ou de economia mista, a concessão dos serviços ou a formação de parcerias com participação pública e de empresas privadas? Desta forma, este estudo discutiu esta questão, contemplando a análise financeira do custo total das dimensões RSU e de suas unidades. As análises sobre modelos adequados de gestão das operações, se público ou privado, foram desenvolvidas empiricamente com base nas informações de um conjunto de municípios de uma região de Minas Gerais, localizados no Alto São Francisco e nas sub-bacias do Paraopeba e Pará.

Assim, o artigo está organizado da seguinte maneira: na próxima seção, são definidos os conceitos contemplados na gestão dos resíduos sólidos urbanos, que englobam atividades e tecnologias que serão abordados e eventualmente avaliados no decorrer do estudo. A metodologia define fundamentalmente a origem dos dados e os métodos utilizados, que proporcionaram as análises desenvolvidas na quarta seção. Finalmente, conclusões são tiradas destas análises.

Atividades e Tecnologias na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Na perspectiva adotada neste estudo, da gestão pública dos resíduos sólidos urbanos, o interesse recai sobre os fluxos do pós-consumo, que são aqueles constituídos de descarte de produtos, depois

de finalizada a sua utilidade original (Leite, 2003). Nesse caso, os fluxos a serem abordados são aqueles resíduos que entram no sistema público de coleta, transporte e disposição, originários em domicílios, empresas e obras, que precisam passar por avaliação para se decidir sobre a destinação final, com eventual possibilidade e/ou viabilidade de aproveitamento ou aterramento.

A Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos é abordada em dimensões, sendo neste estudo contempladas as seguintes atividades: a) Coleta e transporte: coleta domiciliar (convencional e seletiva), limpeza (varrição, capina e poda, roçagens, limpeza de feiras, serviços de remoção e limpeza de praias) e transporte; b) Triagem e tratamento: triagem, reciclagem, compostagem e tratamento de resíduos da construção civil; e c) Destinação final: aterros sanitários.

Deve-se considerar que as tecnologias aplicáveis para minimização de emissão de RSU têm grande amplitude. Contemplam tecnologias mais limpas, que minimizam RSU, por meio da redução/eliminação dos resíduos na fonte geradora, em conjunto com mudanças de hábitos, bem como ações e mudança cultural em favor do combate ao desperdício, tanto no âmbito pessoal (usuário) quanto no empresarial e institucional.

Coleta e transporte

As atividades de coleta e transporte implicam a limpeza de resíduos de domicílios, estabelecimentos e logradouros, e o transporte para estações de tratamento, de transbordo ou para triagem.

Uma das atividades de grande impacto nesta dimensão é a coleta seletiva, de desejável expansão. Um programa de coleta seletiva deve começar pelas informações a serem repassadas para os moradores, que devem ser instruídos sobre como participar corretamente das ações de separação e sobre a importância da eficiência destas ações.

Pode-se escolher o sistema de coleta domiciliar e locais de entrega voluntária, dentre outros. No sistema domiciliar, a coleta é feita por um serviço especializado na porta dos domicílios. No sistema de entrega voluntária, tais como Unidades de Recebimento de Pequeno Volume (URPV's) e Pontos de Entrega Voluntária (PEV's), é importante a determinação da quantidade e a localização das lixeiras. Estas devem estar identificadas por cores e desenhos com o tipo de resíduo (FEAM/FIP, 2009).

Unidades de Triagem

Uma Unidade de Triagem (UT) é um local definido para a seleção de resíduos provenientes da coleta seletiva de resíduos secos oriundos dos domicílios, comércio e serviços públicos, conforme definido na logística nos quesitos recepção, processos internos, expedição e descarte, seguindo um determinado leiaute.

Segundo Prado Filho e Sobreira (2007), uma unidade de triagem e suas unidades sequenciais de reciclagem e compostagem, quando bem operadas, permitem diminuição de 50 %, em média, do volume de resíduos sólidos que seria destinado aos aterros, permitindo, com isso, redução de custos dos serviços e do aumento da vida útil dos aterros.

Unidades de Reciclagem

A reciclagem compreende as atividades de coleta, seleção e tratamento para encaminhar a um novo processamento de materiais. As duas primeiras etapas envolvem processos de conscientização da população para a coleta seletiva e investimentos em logística e distribuição do material selecionado para destinos adequados. Na fase de tratamento, faz-se a descontaminação e adequação do material coletado, de forma a possibilitar seu uso como matéria-prima para a produção de novos produtos (EPE, 2008).

Além de contribuir com a sustentabilidade, com a minimização da utilização de matéria-prima de fontes não renováveis e de recursos energéticos, quando reciclados, os RSU também reduzem o volume total a ter destinação final em aterros, aumentando a sua vida útil. Ademais, há geração de emprego e renda para grupos de socialmente excluídos, bem como em algumas situações, proporciona economias na produção dos materiais, como no caso do alumínio (EPE, 2008).

Unidades de Compostagem

As Unidades de Compostagem (UC) lidam com o aproveitamento dos resíduos orgânicos coletados no município. Segundo Brandão (2006), esses podem ser de origem domiciliar (restos de comida, frutas e gêneros alimentícios em geral) e de origem pública (podas de árvores e jardins). No primeiro caso, a qualidade do composto é definida na eficiência da segregação na fonte, ou seja, nos domicílios. Os resíduos da poda de árvores e jardins podem ser

misturados à matéria orgânica de origem domiciliar, desde que sejam previamente triturados.

O processo de compostagem tem como definição uma decomposição controlada, exotérmica e bio-oxidativa de materiais de origem orgânica por microorganismos autóctones, num ambiente úmido, aquecido e aeróbio (De Bertoldi et al., 1983; Kiehl, 1998). Após processados, estes resíduos podem originar produtos suficientemente estabilizados que podem ser aplicados no solo, com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, a que se dá o nome de composto orgânico. Além disso, quanto mais resíduos compostáveis forem aproveitados, menos serão aterrados, contribuindo para a redução dos investimentos em instalação dos aterros sanitários, bem como proporcionando maior vida útil àqueles em operação. Outro ponto positivo no volume de compostagem é a economia com tratamento de efluentes.

Unidade de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC)

Os resíduos da construção civil seguem a Resolução 307/02 do CONAMA, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos específicos para esses resíduos (Brasil/BID, 2012). A operação de uma RCC tem por finalidade a transformação de resíduos da construção civil e de demolições em agregados reciclados, podendo substituir a brita e a areia em elementos da construção civil que não tenham função estrutural.

Aterro Sanitário

O Aterro Sanitário (AS) é uma alternativa de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho (Brasil/BID, 2012).

Para unidades de menor capacidade, é concebido o Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP), definido como uma instalação para disposição no solo de até 20 t/dia de resíduos sólidos não perigosos. Nesses, as diretrizes são dadas pela ABNT NBR 15849/2010 (Brasil/BID, 2012), segundo o princípio de que a concepção do sistema possa ser simplificada reduzindo os elementos de proteção ambiental, porém, sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

Metodologia

Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa tem caráter quantitativo e conclusivo, utilizando métodos de análise financeira para definir a melhor forma da gestão de resíduos sólidos urbanos, se fazer (oferecer) ou contratar as operações. As unidades de análise são os agrupamentos estruturados e as unidades de observação são dimensões e os investimentos investigados.

Segundo Bartholomeu, Caixeta-Filho e Branco (2011), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com relação à responsabilidade pelo gerenciamento, classifica os resíduos sólidos em:

- Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): compreendem os resíduos gerados num aglomerado urbanos, a saber, aqueles de origem doméstica ou residencial; comercial; e público.
- Resíduos Especiais: contemplam os resíduos industriais; da construção civil; radioativos; de portos, aeroportos e terminais rododferroviários; agrícolas; e de serviços de saúde.

Seguindo esta classificação, este estudo aborda os RSU e os resíduos da construção civil, no conjunto dos Resíduos Especiais.

Área sob estudo

Os municípios que compõem a área sob estudo são de Minas Gerais, localizados no Alto São Francisco e nas sub-bacias do Paraopeba e Pará: Belo Vale, Bonfim, Carmópolis de Minas, Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Crucilândia, Desterro de Entre Rios de Minas, Entre Rios de Minas, Itaverava, Jeceaba, Moeda, Ouro Branco, Piedade das Gerais, Passa Tempo, Piracema e São Brás do Suaçuí.

Os municípios em conjunto perfazem uma população total de 296.341 habitantes (IBGE, 2010). Ressalta-se a predominância de municípios com menos de 30.000 habitantes, considerados de pequeno porte, exceto para Congonhas, Conselheiro Lafaiete e Ouro Branco, considerados de médio porte (IBAM, 2001).

O Plano de Regionalização para a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (PRE-RSU) de Minas Gerais considerou critérios técnicos (logística e transporte, aspectos socioeconômicos e gestão de resíduos sólidos urbanos) visando à viabilidade da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (GIRSU), nos quais foram

definidos os agrupamentos e ATO's para o estado de Minas Gerais (Minas Gerais/FEAM, 2010). Os agrupamentos formados seguiram estas orientações (Figura 1).

Figura 1: Agrupamentos de municípios

Agrupamentos	Municípios
1	Belo Vale, Bonfim, Crucilândia, Moeda e Piedade dos Gerais
2	Carmópolis de Minas, Passa Tempo e Piracema
3	Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Itaverava e Ouro Branco
4	Desterro de Entre Rios de Minas, Entre Rios de Minas, Jeceaba e São Brás do Suaçuí

Fonte: Brasil/BID (2012)

Material e Métodos

Informações sobre geração e composição dos resíduos

A quantidade dos resíduos e a composição gravimétrica utilizadas foram baseadas nas estimativas de Brasil/BID (2012), feita com base na população residente nos municípios e suas projeções no horizonte temporal de 20 anos. Também levou em consideração a estimativa de geração de resíduos *per capita* dos municípios de IBAM (2001).

Os resíduos da construção e demolição (RCD) são gerados nas atividades de construção, reforma ou demolição e constituídos por um conjunto de materiais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, madeiras e compensados, argamassa, gesso, entre outros (CONAMA, 2002). Para a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC), as estimativas de Brasil/BID (2012) foram feitas de acordo com ABRELPE (2010).

Informações sobre as unidades de coleta e transporte, de triagem e tratamento e de disposição final avaliadas

Dimensão Coleta e Transporte

Para o caso deste estudo, não foram considerados investimentos para estruturação dos serviços de coleta. No caso da varrição, capina, poda e coletas convencional e de RCC, parte-se do contexto real de que os municípios já dispõem dos serviços, o que não requereria novos investimentos. No caso da coleta seletiva, dada sua complexidade, pressupõe-se que o serviço será terceirizado, sendo os

custos indicadores dos valores de futuros contratos de prestação de serviços.

Em razão da indisponibilidade de informações plenas sobre os custos de serviços próprios de limpeza urbana nos municípios, foi utilizada estimativa, com base no custo de um prestador do serviço privado, via contrato com um ente público. Os custos da prestação dos serviços foram estimados das seguintes formas:

Para o interior de Minas Gerais, segundo estimativas de Cempre (2010), o custo médio da coleta seletiva é estimado em 5,08 vezes o custo da coleta convencional. Este foi também o multiplicador aplicado para se conhecer o valor estimado para a coleta seletiva.

3.3.2.2 Dimensão Triagem e Tratamento

O custo operacional anual de uma UT padrão proposta em Brasil (2008) é estimado em R\$9.468,78, acrescidos de custo com pessoal, atingindo um valor total de R\$30.000,00. Desta forma, dadas as similaridades operacionais, foram considerados os custos operacionais de R\$40.000,00, acrescidos dos custos da depreciação referentes aos equipamentos e das obras.

3.3.2.3 Dimensão Disposição Final

Para o caso de aterros sanitários, os equipamentos e as instalações físicas tiveram vida útil estimada para 20 anos. Este, portanto, foi o prazo para depreciação. Também foi estimado um valor relativo aos custos de encerramento do aterro após os 20 anos de operação, equivalentes a 1/6 do investimento inicial, que foi o valor médio encontrado em FGV/Abetre (2010).

Solar Engenharia (2012) estimou o custo para operação do Aterro Ecotres, localizado em Conselheiro Lafaiete, em R\$ 37,37/t. Este foi o valor utilizado para os aterros compartilhados. Quando avaliado um aterro de pequeno porte, foi considerado um valor equivalente a 50% deste. Somaram-se os custos com depreciação e transporte para movimentação intermunicipal de resíduos.

Embora seja viável tecnicamente, a geração e venda de energia a partir dos aterros, não foi avaliada receita proveniente desses empreendimentos por não haver uma clara demanda regional.

No caso da compostagem, o dimensionamento das UCs centrou-se nos custos do principal equipamento para reviramento das leiras e da construção das instalações necessárias (guarita, sala administração, vestiários/banheiros e restaurante/cantina). O custo operacional tomou por base, dada à similaridade de proporções, um projeto de Planaltina (DF), que, segundo Pais (2009), os custos efetivos da operação de compostagem foram de R\$30,00/t.

A receita que pode ser obtida com a venda de compostos ao valor de R\$60,00/t, considerando-se uma taxa de conversão insumo-produto de 70%. Esses valores também foram balizados pela operação da empresa Compostec, que opera em Toledo (PR).

O dimensionamento das operações para a Área de Triagem e de Transbordo de Resíduos da Construção Civil (ATT) teve como referência Brasil (2008), uma unidade implantada recentemente em Passo Fundo (RS) e as operações da unidade Pampulha da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Foram utilizados os custos de operação de R\$6,12/t, com base na ATT no consórcio Circuito das Águas (SP).

Para o encerramento de lixão, devido à falta de informações dos lixões existentes nos municípios avaliados, tais como área ocupada, volume de resíduos já despejados, geologia do terreno e idade do lixão, adotou-se como base para custeio a técnica de recuperação simples. Dessa forma simplificada, consideramos como o custo de erradicação de lixões o valor estimado por Velloso (2011) em R\$50.000,00.

Além do mais, devem ser contemplados os custos com a remediação dos lixões, que são aquelas envolvidas na recuperação da área do lixão com medidas de engenharia e de controle ambiental. Estes custos são estimados em 600 horas de trabalho, entre horas técnicas e horas-máquinas, a preços do mercado de Conselheiro Lafaiete, equivalendo a cerca de R\$200.000,00.

Para estimativas dos custos de transporte intermunicipal de resíduos, foi considerado o veículo VW 23.220/Ano 2006, capacidade 13 toneladas ou 8 m³, veículo padrão de uso pelas prefeituras da região, com base nos itens de uma planilha elaborada exclusivamente para as especificações do problema tratado.

Unidades avaliadas

Segundo FEAM (2010), há algumas unidades de tratamento e disposição final encontradas nos municípios em operação. Assim, considerando-se essas disponibilidades e os respectivos ônus, como no caso de encerramento de lixões, e também se considerando o fato de que os municípios de Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco e Congonhas já estão com o aterro sanitário implantado em Conselheiro Lafaiete e pronto para entrar em operação, foram definidas as unidades os respectivos agrupamentos, conforme Figura 2.

Figura 2: Intervenções a serem avaliadas para os agrupamentos

Agrupamentos	Unidades compartilhadas	Unidades individuais
1	AS, ATT, UT e UC localizados em Bonfim	EL em Belo Vale, Bonfim, Crucilândia, Moeda e Piedade dos Gerais
2	AS, ATT , localizado em Carmópolis de Minas	EL em Carmópolis de Minas, Passa Tempo e Piracema
3	AS, ATT, UT e UC localizados em Conselheiro Lafaiete	UT e UC em Congonhas e Ouro Branco R em Congonhas, Conselheiro Lafaiete e Ouro Branco EL em Itaverava
4	AS e ATT localizado em Entre Rios de Minas UT em Desterro de Entre Rios de Minas	EL em Desterro de Entre Rios de Minas, Entre Rios de Minas, Jeceaba e São Brás do Suaçuí

Legenda:

AS - Aterro Sanitário; ATT – Área de Triagem de Transbordo de Resíduos da Construção Civil; UT - Unidade de Triagem ou Galpão de Triagem; UC - Unidade de Compostagem; EL - Encerramento de lixo; R – Remediação

Fonte: Resultados da Pesquisa

Métodos de análise econômica: custeio, análise de viabilidade e de gestão

Tendo por base as informações financeiras de custos e receitas, no conjunto de instrumentos decisoriais, despontam alguns métodos para avaliação de investimento cujo rigor conceitual redunda em sólidas orientações. Esses são conhecidos como o método do Valor Presente Líquido (VPL), o método da Taxa Interna de Retorno (TIR) e o método do Valor Anual Equivalente (VAE). Esses foram os indicadores para orientar as recomendações quanto à modalidade de gestão mais adequada. Como são amplamente conhecidos e de fácil acesso na literatura, não serão detalhados neste artigo.

Ademais, cabe destacar que:

- a taxa de desconto utilizada para as séries (fluxos de caixa) foi de 5% a.a., que é a taxa de inflação média esperada para o período,

- a taxa de retorno utilizada para analisar os investimentos foi de 12% a.a., que é a taxa de média de remuneração aos agentes privados para investimentos em serviços públicos,

- quando adotada, à BDI – *Budget Difference Income* - foi atribuída taxa foi de 25%, que refere-se à estimativa para cobertura de custos com (1) administração; (2) custo de capital financeiro contraído do mercado; (3) margem de incerteza; (4) carga tributária e (5) lucro (lucro bruto ou margem de contribuição).

Dado o propósito do estudo, os investimentos e a operação das unidades de triagem e de disposição final foram analisadas sob a ótica da gestão pública, em parceria ou não com operadores privados. Numa dada situação, os custos com implantação e operação podem correr por conta de uma prestadora privada dos serviços, ficando o município ou consórcio de municípios responsáveis pelo pagamento de uma determinada taxa. Esta é a modalidade denominada *Investe e Opera*. Nesse caso, o que se precisa estabelecer é o valor da tarifa unitária (R\$/t) que remunera os serviços do operador privado e seu empreendimento, na perspectiva de se obter uma TIR de 12% a.a.

Uma alternativa pode ser a modalidade *Investe e Concede*. Nesse caso, o município ou consórcio arca com os investimentos com implantação e uma empresa privada opera, por concessão, o negócio. Nessas situações, será pago apenas o valor referente aos custos de produção, administração e riscos do negócio. Dessa forma, é necessário encontrar o valor unitário que remunera os custos da prestação do serviço, e sobre esses se acrescenta uma BDI de 25% para remunerar os riscos e custos administrativos do operador privado.

Outra forma dos setores público e privado atuarem conjuntamente também acontece quando há receita no negócio, por exemplo, no caso de unidades de compostagem, mas essa receita é insuficiente para arcar com todos os custos com implantação e operação. Nesse caso, é feita uma complementação por parte dos gestores públicos, chamada de contrapartida.

Outras informações relevantes

Finalmente, cabe destacar que os valores utilizados para os equipamentos referem-se a efetivos preços de mercado, coletados nos meses de março e abril de 2012, com fornecedores de equipamentos.

Também não foram estimados custos de aquisição de terrenos para a instalação de unidades de disposição, bem como impostos e taxas para a operação das unidades de disposição enquanto negócio.

Quanto à receita, após a triagem nas UTs, os materiais podem ser vendidos para reciclagem ou aproveitamento como matéria-prima em novo ciclo de produção. De acordo com a análise gravimétrica dos resíduos, foram estimadas as quantidades médias de recicláveis que têm mercado, no contexto da quantidade total de recicláveis apresentada anteriormente. Considerou-se que 70% do material que entra nas UTs são potencialmente vendidos posteriormente. As perdas ocorrem pela segregação incorreta na origem (residências ou PEVs), no transporte ou pelo material estar impróprio para a reciclagem.

Os valores considerados para a venda são aqueles do mercado regional, especificados na Tabela 1.

Tabela 1: Composição gravimétrica média dos produtos recicláveis e valores de mercado praticados na região sob estudo

Recicláveis	Composição (%)	Valor (R\$/t)
Vidro	6,80	20,00
Papel e papelão	36,70	200,00
Plástico	48,20	400,00
Metais	8,30	2.500,00

Fonte: Resultados da pesquisa

Resultados

A análise dos resultados se concentrará na apresentação e discussão dos custos e em forma alternativas de gestão das atividades relacionadas aos RSU nos agrupamentos. Para o conjunto dos municípios, estimou-se a geração de aproximadamente 138.185.829 kg/dia de resíduo no ano t_{20} , partindo de 59.259.376 kg/dia em t_0 , o ano-base. Assim, para a compostagem, a gestão dos RSU dos municípios implicaria coletar, transportar e processar o equivalente a aproximadamente 24 t/dia em t_1 , atingindo 150 t/dia no ano t_{20} . Para recicláveis, o potencial atual é de cerca de 23 t/dia e para rejeitos, 13 t/dia. Os municípios apresentam uma geração total de resíduos de construção civil em t_0 foi de 74.633.481 kg/ano.

Tabela 2: Estimativas de custos anuais totais no ano 1 para a gestão de RSU, por municípios

Municípios	Dimensão Coleta e Transporte	Total	Municípios	Dimensão Coleta e Transporte	Total
Belo Vale	370.616,18	548.264,78	Itaverava	288.092,09	321.288,71
Bonfim	352.830,38	512.533,25	Jeceaba	265.681,63	369.637,71
Carmópolis de Minas	869.902,63	1.343.913,78	Moeda	261.340,20	482.325,78
Congonhas	2.298.255,96	2.585.507,84	Ouro Branco	1.737.961,98	1.947.024,66
Conselheiro Lafaiete	6.960.043,64	7.643.204,88	Passa Tempo	418.268,82	641.894,36
Crucilândia	263.050,86	375.023,74	Piedade dos Gerais	257.312,05	366.842,05
Desterro de Entre Rios de Minas	350.335,54	486.140,72	Piracema	312.062,47	487.302,63
Entre Rios de Minas	831.024,36	1.105.395,74	São Brás do Suaçuí	212.867,97	282.993,82

Fonte: Resultados da Pesquisa

A Tabela 2 apresenta os custos estimados para a dimensão coleta e transporte, bem como os custos totais da gestão dos RSU, por município. A estimativa dos custos da dimensão coleta e transporte contempla os custos com varrição, capina, poda, coleta convencional, coleta seletiva e coleta de RCC.

Tabela 3: Estimativas de movimentação financeira, conforme as unidades e os agrupamentos

Discriminação	AS	ATT	UT	UC
<u>Agrupamento 1:</u> Belo Vale, Bonfim, Crucilândia, Moeda e Piedade dos Gerais				
Investimentos	2.505.678,41	376.788,00	89.690,00	335.000,00
Reinvestimentos	397.726,73		48.023,46	
Custos	3.129.892,75	2.463.946,25	628.863,60	716.302,24
Necessidade total de recursos	6.033.297,89	2.840.734,25	766.577,06	1.051.302,24
Desembolso anual médio	275.140,59	192.178,22	52.794,56	55.868,79
Receita total				556.156,47
Receita líquida				-160.145,77
<u>Agrupamento 2:</u> Carmópolis de Minas, Passa Tempo e Piracema				
Investimentos	2.569.473,34	376.788,00		
Reinvestimentos	407.852,91	2.070.424,92		
Custos	3.388.171,39	2.447.212,92		
Necessidade total de recursos	6.365.497,64	110.295,72		
Desembolso anual médio	296.075,12	376.788,00		
Receita total				
Receita líquida				
<u>Agrupamento 3:</u> Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Itaverava e Ouro Branco				
Investimentos	4.093.067,56	376.788,00	163.390,00	445.000,00
Reinvestimentos	649.693,26		200.639,68	
Custos	10.712.341,92	7.096.507,19	848.413,37	11.728.782,27
Necessidade total de recursos	15.455.102,74	7.473.295,19	1.212.443,05	12.173.782,27
Desembolso anual médio	886.194,51	553.499,93	81.822,05	914.799,36
Receita total				13.239.857,60
Receita líquida				1.511.075,33
<u>Agrupamento 4:</u> Desterro de Entre Rios, Entre Rios, Jeceaba, São Brás do Suaçuí				
Investimentos	2.559.589,70	376.788,00	89.690,00	335.000,00
Reinvestimentos	406.284,08	2.411.170,70	134.730,95	
Custos	3.714.893,02	2.787.958,70	669.219,59	724.070,61
Necessidade total de recursos	6.680.766,80	188.061,93	893.640,54	1.059.070,61
Desembolso anual médio	321.435,77	376.788,00	62.705,01	56.474,69
Receita total				567.032,19
Receita líquida				-157.038,42

Nota: AS - Aterro Sanitário; ATT – Área de Triagem de Transbordo de Resíduos da Construção Civil; UT - Unidade de Triagem; UC - Unidade de Compostagem.

Fonte: Resultados da Pesquisa

Unidades da Triagem e Tratamento e Disposição Final

Para a análise dos resultados agregados e sua discussão, são apresentados, na Tabela 3, os recursos estimados para investimentos e eventuais reinvestimentos na forma de reposição ou expansão das operações, os custos operacionais acumulados no período do projeto ao valor presente, que contempla os custos da operação, de depreciação e de transporte, quando for o caso, o desembolso anual médio e as receitas estimadas, ao valor presente. Nota-se que as unidades avaliadas estão em conformidade com aquelas definidas na Figura 2. A Tabela 4 apresenta as modalidades de gestão e os valores de pagamento dos consórcios aos parceiros privados para os casos de Aterros Sanitários (AS) e Área de Triagem e de Transbordo de Resíduos da Construção Civil (ATT). A análise dos resultados para os AS deixa patente e comprova a alta incidência do efeito escala, conforme preconizado em Brasil (2010c). Dessa forma, os custos de operação reduzem-se drasticamente com o aumento da escala de movimentação de resíduos.

Tabela 4: Pagamento para o operador privado (R\$/t), conforme a modalidade de parceria

Discriminação	ATT	AS
Agrupamento 1	<i>Investe e Opera:</i> R\$30,85	<i>Investe e Opera:</i> R\$793,00
	<i>Investe e Concede:</i> R\$36,69	<i>Investe e Concede:</i> R\$415,00
Agrupamento 2	<i>Investe e Opera:</i> R\$25,76	<i>Investe e Opera:</i> R\$492,00
	<i>Investe e Concede:</i> R\$27,00	<i>Investe e Concede:</i> R\$256,00
Agrupamento 3	<i>Investe e Opera:</i> R\$10,90	-
	<i>Investe e Concede:</i> R\$10,52	
Agrupamento 4	<i>Investe e Opera:</i> R\$24,60	<i>Investe e Opera:</i> R\$458,00
	<i>Investe e Concede:</i> R\$27,43	<i>Investe e Concede:</i> R\$296,70

Nota: AS - Aterro Sanitário; ATT – Área de Triagem e de Transbordo de Resíduos da Construção Civil

Fonte: Resultados da Pesquisa

Como uma primeira implicação, constata-se empiricamente a vantagem da gestão dos resíduos sólidos em consórcio de municípios em relação à gestão individualizada, mesmo com o custo adicional de movimentação intermunicipal de resíduos. Isto é válido mesmo para situações em que o consórcio não atinge volumes tão significativos. Tomando-se o caso das estimativas de custos de investimentos e

operação de AS para Belo Vale, percebe-se que o aporte de recursos para investimento em consórcio pode ser praticamente a metade do volume requerido em relação à necessidade, quando a estimativa refere-se ao aporte para o aterro atender especificamente à demanda do município. Estes valores seriam estimados em R\$1.386.375,76 e R\$191.876,46, respectivamente para a investimentos e custos operacionais, no caso da operação isolada, em contraposição a R\$ 664.275,30 R\$149.981,88 – Modalidade *Investe e Opera* ou R\$78.521,50 – Modalidade *Investe e Concede*, que são os encargos estimados do município quando em consórcio.

Ficou também evidenciado que a modalidade de gestão público-privada de AS recomendada é a *Investe e Concede*, na qual os municípios arcam com os investimentos em implantação e um operador privado tem a concessão da prestação do serviço e é remunerado pela atividade, aplicando-se um BDI de 25% sobre os custos estimados. Dessa maneira, os municípios podem obter condições mais favoráveis para os investimentos, até mesmo recursos a fundo perdido.

Porém, a modalidade de gestão de menor custo seria as prefeituras criarem uma empresa pública ou de economia mista, reunindo as máquinas, veículos e equipamentos para prestarem os serviços. Mas, pôde-se constatar nos municípios que a baixa disponibilidade dessas máquinas não recomendaria tal solução. Muitas das prefeituras não teriam estruturas para oferecer no compartilhamento dos encargos dessas atividades, mas pode e deve ser uma opção a ser avaliada em outras situações. Por exemplo, para obter a mesma TIR que remunera o setor privado, as prefeituras poderiam se remunerar a R\$340,00/t e R\$230,00/t, respectivamente, nos agrupamentos 1 e 4.

Já no caso de ATT, que têm como característica baixos investimentos em relação aos custos anuais, a modalidade de gestão público-privada mais recomendada é *Investe e Opera*, isto é, com os custos de implantação e operação por conta da prestadora privada dos serviços. Porém, constatou-se também a incidência do efeito escala, que provoca uma inflexão em favor da modalidade *Investe e Concede*.

No caso da estruturação e implantação de Unidades de Triagem (UTs), pode-se dizer que os investimentos iniciais são baixos, assim como os desembolsos anuais médios. Por outro lado, é um investimento público que tem forte amparo social como gerador de renda e emprego para uma faixa da população marginalizada do mercado de trabalho. A

renda pode ser gerada a partir do próprio negócio da triagem dos resíduos e venda da reciclagem.

Em determinada escala, é plenamente viável e nem precisa de aporte de recursos públicos. Por exemplo, para municípios do porte de Congonhas, Ouro Branco e Conselheiro Lafaiete, A receita potencial da venda de recicláveis para o Ano 1 do projeto foram estimadas, respectivamente em R\$1,87 milhões, R\$1,15 milhões e R\$4,87 milhões, projetando uma TIR bastante superior àquela estabelecida como meta. Essa receita inclusive viabilizaria condições de incluir no serviço os custos da coleta seletiva. Mesmo para Itaverava e Desterro de Entre Rios de Minas, com escala significativamente menor de operações, com concomitantes custos unitários maiores, a taxa de 12% a.a. é obtida.

Porém, a análise referente ao investimento na UT para o município de Moeda indicou que, em razão da baixa disponibilidade de resíduos recicláveis, a UT não tem autossuficiência financeira. Considerando-se os preços de mercado praticados na região e as quantidades potenciais de recicláveis, seria necessária uma contrapartida do município aos operadores privados num montante médio anual de R\$28.500,00.

Quanto às Unidades de Compostagem (UCs), com investimentos relativamente baixos em relação aos custos da operação, é também dependente da escala para definição do melhor modelo de gestão. Por exemplo, nos casos de operação de pequena escala, como nos agrupamentos 1 e 4, mesmo com receita potencial dessas unidades, ainda seria necessário que os municípios garantissem o equilíbrio econômico-financeiro, remunerando o operador entre R\$51,72/t a R\$80,00/t para que a TIR estabelecida como meta fosse atingida.

Mas, no caso de maior escala, este problema já não existe. Para a UC projetada para ser compartilhada entre os municípios de Congonhas, Itaverava, Ouro Branco e Conselheiro Lafaiete, com instalações nesse último, projetou-se uma receita líquida de cerca de R\$1,5 milhões, isto é, a parcela da receita superior aos custos.

Ademais, foram estimados os custos de R\$50.000,00 para encerramento de lixão (EL), com base em Velloso (2011), para os municípios de Belo Vale, Bonfim, Crucilândia e Piedade dos Gerais. Itaverava, Carmópolis de Minas, Passa Tempo e Piracema, também foram estimados os custos para remediação de lixão (R) em de R\$200.000,00 em Congonhas, Conselheiro Lafaiete e Ouro Branco.

Conclusões

Este estudo discutiu formas de gestão dos RSU em consórcios, sob a abordagem das operações no ângulo do *fazer* ou *comprar*, contemplando a análise financeira do custo total das dimensões e de suas unidades. O estudo foi motivado por fatores como o interesse crescente da sociedade pelas questões da sustentabilidade, que implicam maior eficácia e eficiência na coleta e aproveitamento do que é consumido.

Nesse contexto, segundo BID (2011), porém, a gestão de RSU no Brasil é de deterioração das condições sanitárias e predomínio de lixões e reflete diversos fatores, tais como a insuficiente capacidade de gestão dos municípios em geral, o alto impacto do custo da prestação dos serviços nos orçamentos dos municípios, com baixa arrecadação, traduzindo-se numa ausência da sustentabilidade financeira dos investimentos e os baixos índices de reciclagem dos resíduos sólidos gerados. Dessa maneira, em raras situações, os serviços oferecidos pelos entes públicos incluem procedimentos diferenciados, tais como, coleta seletiva, triagem e compostagem, entre outros métodos.

Este estudo evidenciou que há uma intensa ação do efeito escala nas unidades de processamento e destinação final de resíduos. Ficou demonstrado que as escalas de operação que viabilizam operações rentáveis não são baixas, considerando as características dos municípios brasileiros – pequenos e dispersos espacialmente. Isso implica a necessidade de se agregar em consórcios um número maior de municípios, até o limite em que o custo de transporte não inviabilize o agrupamento.

Também tem implicação sobre a melhor forma de relação público-privada. Como ficou evidenciado, a escala pode orientar para a modalidade *Investe e Opera* numa situação e noutra, para *Investe e Concede*, para a análise de uma mesma unidade de tratamento, por exemplo.

Essa peculiaridade remete à necessidade de estudos técnicos cuidados na formação de consórcios para se obter aglomerações otimizadas, em termos de escala de resíduos e de distância entre municípios. Essas parecem ser as variáveis principais que não podem sucumbir às nuances políticas presentes nas decisões das prefeituras brasileiras.

Cabe também destacar que os custos dos serviços de gestão de RSU atingem proporções que requerem alto nível de priorização na gestão pública. Se por um lado a legislação pertinente ao tema orienta

que os serviços sejam autossustentáveis financeiramente, isto é, tenham todos os custos cobertos pelos usuários, por outro, um exercício simplificado alerta sobre a dificuldade da execução desta diretriz.

Por exemplo, avaliando-se os custos totais das dimensões e transformados à base familiar, conforme estimativa de média de 3,3 pessoas por família para Minas Gerais, pela Síntese de Indicadores Sociais (SIS) (IBGE), que superam em muito os valores recomendados como limites para o comprometimento da renda familiar com a gestão de resíduos sólidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 1,7% da renda familiar (OMS/OPS, 2002).

Ou seja, a gestão dos RSU envolve, além da otimização dos recursos aplicados na atividade, uma busca por soluções criativas que desonerem o contribuinte “pessoa física” para não criar um contingente de excluídos e inadimplentes, dificultando ainda mais a implantação daquilo que se espera – ampliação da oferta dos procedimentos diferenciados.

Há que se ressaltar que existe potencial para explorar receita adicional em termos de produtos derivados dos processos de reciclagem e alternativas de estímulo de fontes públicas, tal como o chamado “ICMS Ecológico”, bem como pela consideração adequada da capacidade contributiva de cada classe de gerador, conforme o tipo e quantidade dos seus resíduos.

Atualmente, a cobrança da taxa de limpeza pública, regra geral, não é suficiente para cobrir os custos dos serviços prestados. Ou seja, não há uma tradição de gestão dos RSU em termos de equilíbrio financeiro dos serviços prestados.

Enfim, essas constatações sinalizam para os grandes desafios à gestão de RSU no Brasil. Não se tem tradição de tratar os resíduos como gerador de negócios. Isso implica dificuldades em desenvolver custeio apropriado e necessidade de delinear contratos seguros para ambas as partes. Além do fato de as estatísticas municipais serem falhas, defasadas e nem tanto confiáveis. Sem se conhecer e confiar nos valores financeiros envolvidos e nas respectivas quantidades que demandarão operação, o contrato público-privado é cercado de altos níveis de custos de transação.

Referências

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Disponível em: <www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 08 nov. 2011.
- AGAMUTHU, P.; KHIDZIR, K.M.; FAUSIAH, S.H. Drivers of sustainable waste management in Asia. **Waste Management and Research**, n. 27, p. 625-633, 2009.
- BID. Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Apoio à Estruturação de Consórcios Públicos para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Brasília: BID, 2011. (ATN/OC-12405-BR)
- Bartholomeu, D. B. Desenvolvimento Sustentável e a Questão dos Resíduos Sólidos. In: Bartholomeu, D. B.; Caixeta-Filho, J. V. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.
- Bartholomeu, D. B.; Branco, J. E. H.; Caixeta-Filho, J. V. A Logística de Transporte de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD). Bartholomeu, D. B.; Caixeta-Filho, J. V. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.
- Brandão, J. R. **Análise de Sistemas de Valorização de Resíduos via Compostagem e Reciclagem e sua Aplicabilidade nos Municípios Mineiros de Pequeno Porte**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). UFMG, 2006.
- Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Elementos para a Organização da Coleta Seletiva e Projeto de Galpões de Triagem**. Brasília: 2008.
- Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Termo de Referência para Unidade de Compostagem de Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: 2009.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Elaboração de Documentos de Apoio à Implementação dos Consórcios Públicos de Resíduos Sólidos – Estudo da repartição de custos entre os entes federados integrantes do consórcio prioritário e contrato de rateio no Estado de Goiás e área do Estado de São Paulo: Araraquara, Campinas. Baixada Santista e no**

município de Ariquemes-RO. Brasília: 2010a. (Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a Melhoria da Gestão Ambiental Urbana no Brasil – BRA/OEA/08/001).

Brasil. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei Nº 9605, de 12 de fevereiro de 1988 e dá outras providências. Brasília: 2010b.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília: 2010c. (Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a Melhoria da Gestão Ambiental Urbana no Brasil – BRA/OEA/08/001)

Brasil/BID. Ministério do Meio Ambiente/Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Apoio à Estruturação de Consórcios Públicos para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Brasília: 2012. (Produtos 2, 3, 4 e 5)

Caixeta-Filho, J. V.; Gameiro, A. H. Entendendo a Logística. In: Bartholomeu, D. B.; Caixeta-Filho, J. V. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

Cempre. **Compromisso Empresarial para a Reciclagem**. Pesquisa CICLOSOFT 2010. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/ciclosoft.php>> Acesso em: 10 ago. 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 17 jul. 2002.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G.; PERA, A. The biology of composting: A review. **Waste Management & Research**, 1983. p. 153-176.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, MS - Avaliação Preliminar**. Rio de Janeiro: 2008. (Nota Técnica DEN 06/08. Série Recursos Energéticos)

FEAM/FIP. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Fundação Israel Pinheiro. **Plano de Gerenciamento Integrado de Coleta Seletiva – PGICS**. Belo Horizonte: 2009.

FGV/ABETRE. Fundação Getúlio Vargas/Associação Brasileira das Empresas de Tratamento de Resíduos. **Estudo dos aspectos econômicos e financeiros sobre a implantação e operação de aterros sanitários**. São Paulo: 2010.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2001.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Editora Degaspari, 1998.

Minas Gerais/FEAM. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte: 2010.

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do Pólo Turístico do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais**. Belo Horizonte: 2011. (Produto 4).

OMS/OPS. (2002) Organização Mundial da Saúde/Organização Panamericana da Saúde. **Guia Metodológico para preparação de Planos Diretores de Gestão de Resíduos Sólidos Municipais em cidades médias**. Washington – DC: 2001.

Pais, J. S. O. **Viabilidade Econômica de uma Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares**. (Monografia) Graduação em Agronomia. Planaltina: UPIS/Faculdades Integradas, 2009.

PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. A Desempenho Operacional e Ambiental de Unidades de Reciclagem e Disposição Final de Resíduos Sólidos Domésticos Financiados pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 52-61, jan./mar. 2007.

Solar Engenharia. **Programa de Operação da UTRS – Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos do ECOTRES - Relatório Final**. Belo Horizonte: 2012.

Velloso, C. H. V. **Manual técnico sustentabilidade dos empreendimentos de manejo de resíduos sólidos urbanos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. (Módulo 1- Aterros Sanitários)