

Tópico principal: *Governança de riscos emergentes e sistêmicos*

Mecanismo de desenvolvimento limpo e inovação tecnológica no setor de resíduos sólidos urbanos¹

Sônia Regina Paulino, Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) / Universidade de São Paulo (USP), sonia.paulino@usp.br

Silvia Regina Stuchi Cruz, Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Université Lille 1, Clersé, silviacruz@ige.unicamp.br

Resumo

O trabalho objetiva analisar condicionantes institucionais da inovação tecnológica na implantação de projetos do mercado de carbono em aterros sanitários. São considerados os projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) desenvolvidos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Busca-se identificar diretrizes que podem influenciar os esforços de inovação no setor de resíduos sólidos. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa documental no *CDM Methodology Booklet*, da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) e da coleta de dados no CDM registry da UNFCCC e da *United Nations Environment Programme UNEPRisoe*. Verificou-se o predomínio das metodologias direcionadas para atividades de disposição de resíduos em aterros sanitários, ou seja, para a etapa final da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU). Tais iniciativas destacam-se como fonte de demandas em termos de inovação, em detrimento das demais etapas da GRSU envolvendo tratamento e formas alternativas de destinação de resíduos.

Palavras-chave: mercado de carbono; desenvolvimento tecnológico, gestão de resíduos sólidos urbanos.

Abstract

The paper aims to analyze the institutional conditions of technological innovation in the implementation of projects in the carbon market in landfills. Projects are considered to reduce the emission of greenhouse gases (GHG) in the sector of municipal solid waste (MSW) developed under the Clean Development Mechanism (CDM). Seek to identify guidelines that can influence the technological innovation efforts. The data were collected through documentary research in the *CDM Methodology Booklet*, of *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). The CDM projects data were collected in the CDM registry and *United Nations Environment Programme UNEPRisoe* databases. There was a predominance of methodologies for waste disposal in landfills, to the final step of the management of municipal solid waste. These initiatives stand out as a source of demands in terms of innovation, to the detriment of the other stages involving different forms of treatment and disposal of waste.

Keywords: carbon market; technological development; waste management

¹ Apoio: FAPESP (2011-00081-5)

1. Introdução

O trabalho objetiva analisar condicionantes institucionais da inovação tecnológica na implantação de projetos do mercado de carbono em aterros sanitários. A análise é elaborada partir da abordagem de sistemas de inovação para interpretar os condicionantes mencionados dentro da realidade de mudanças institucionais voltadas ao escopo setorial estudado. O recorte empírico são os projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) no setor de resíduos sólidos urbanos (RSU) desenvolvidos no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com ênfase na identificação de diretrizes que podem influenciar os esforços de inovação tecnológica no contexto brasileiro.

No Brasil, os aspectos relacionados à sustentabilidade local do projeto de MDL estão estabelecidos no Anexo III da resolução nº1 da Comissão Interministerial sobre Mudança Global do Clima (CIMGC), e são: 1) Sustentabilidade ambiental local; 2) Desenvolvimento das condições de trabalho e a geração líquida de empregos; 3) Distribuição de renda; 4) Capacitação e desenvolvimento tecnológico; e 5) Integração regional e a articulação com outros setores. O aspecto contribuição para capacitação e desenvolvimento tecnológico é definido como a avaliação do grau de inovação tecnológica do projeto em questão em comparação ao *baseline scenery* de referência e às tecnologias utilizadas em atividades desenvolvidas no mesmo setor que sejam equiparáveis as dos projetos. Além disso, avaliam-se outros elementos relacionados à tecnologia como: a possibilidade de reprodução da tecnologia utilizada; a procedência dos equipamentos; a existência de *royalties* e licenças tecnológicas; e a demanda de assistência técnica internacional (BRASIL, 2003).

Verifica-se, ainda, que os projetos de MDL possuem duplo objetivo: reduzir emissões de GEE e promover o desenvolvimento sustentável local, por meio da geração de co-benefícios sociais e ambientais no país hospedeiro do projeto. A inovação tecnológica compõe explicitamente os aspectos que devem orientar a geração de resultados, os co-benefícios sociais e ambientais locais, que devem ser considerados na implantação e avaliação dos referidos projetos.

A distribuição setorial dos projetos brasileiros registrados pelo conselho executivo de MDL aponta a dominância do setor energético, com participação de 52,3% do total. Verifica-se que 15,4% dos projetos desenvolvidos são do setor suinocultura, seguido por projetos de troca de combustível fóssil, com 9,2% do total.

Em 4º lugar está o escopo setorial de projeto em aterros sanitários, com 7,6%. Os projetos realizados em aterros sanitários, ainda que ocupem a 4ª posição em número de projetos, quando se trata dos setores com maior potencial de reduzir emissões de CO₂e passam a ocupar o 2º lugar, com redução de emissão de 91.071.614 tCO₂e no primeiro período de obtenção de crédito.

Ademais, melhorar o desempenho do setor de resíduos sólidos urbanos constitui requisito crucial na viabilização de cidades resilientes no contexto brasileiro.

O estabelecimento do mercado de carbono regulado, por meio dos projetos de MDL, representa uma mudança no contexto institucional que engloba o setor de resíduos sólidos. Isso posto, a análise proposta no presente trabalho é elaborada a partir da abordagem de sistemas de inovação para interpretar condicionantes institucionais dentro da realidade de mudanças no escopo setorial estudado relacionadas à operacionalização do mercado de carbono regulado.

A relação entre inovação e mudança institucional constitui uma importante questão de pesquisa. A abordagem de sistemas de inovação destaca as características setoriais da inovação e também aponta que mudanças tecnológicas podem requerer mudanças institucionais e são difíceis de concretizar devido à inércia. (Freeman e Louçã, 2001 *apud* Fagerberg, 2005).

Foi realizada pesquisa documental no *CDM Methodology Booklet*, da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), com a compilação e o tratamento dos dados, disponíveis até novembro de 2012, sobre as metodologias aplicadas aos projetos de redução de emissão de GEE no escopo setorial de resíduos sólidos urbanos.

Os dados dos projetos de MDL, foram coletados por meio da base de dados do CDM registry da UNFCCC, plataforma online de registro dos projetos de MDL e das bases de dados da *United Nations Environment Programme* UNEPRiso, que disponibiliza mensalmente o status, geração de RCE, compradores, entidade operacional designada (EOD) responsável pela validação de projetos de MDL. As bases de dados permitem identificar região do projeto, país hospedeiro status do projeto, tipo e subtipo de projeto, metodologias estabelecidas pela UNFCCC que devem ser utilizadas na implantação do projeto.

As variáveis de análise para sistematização e análise dos dados dos projetos de MDL são: projetos do escopo setorial resíduos sólidos; tamanho do projeto; finalidade da metodologia disponível.

Busca-se identificar diretrizes que podem influenciar os esforços de inovação no setor de resíduos sólidos no contexto estudado por meio dos projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa.

Após essa introdução, a seção 2 realiza uma breve contextualização da gestão de resíduos sólidos urbanos. Na seção 3 é feita a identificação e análise das diretrizes para a inovação tecnológica explicitadas no conjunto de metodologias estabelecidas pela UNFCCC que embasam a implantação dos projetos mencionados. As considerações finais são apresentadas na seção 4.

2. Contextualização da gestão de resíduos sólidos: a ênfase na disposição final

A gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) compreende atividades relativas à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor de resíduos para essa finalidade, abrangendo instituições, políticas e instrumentos. No Brasil, o histórico deste setor é caracterizado por baixos investimentos. Uma das razões para este fato se deve à cultura setorial marcada pela falta de planejamento de longo prazo. Também, aponta-se a falta de incentivos como sendo um importante fator para este panorama. Além disso, este setor possui um elevado nível de complexidade institucional e de descentralização, o que também acaba por dificultar o acesso aos recursos financeiros em quantidade necessária (CETESB, 2010).

Em relação às etapas da GRSU, estas podem ser classificadas em: geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento/destinação e disposição final dos resíduos. Essas etapas são abordadas brevemente a seguir.

Uma das causas principais do aumento da geração dos resíduos, e que aumenta os desafios para encontrar soluções sustentáveis para os problemas dos resíduos sólidos urbanos, é o

padrão de consumo baseado no estilo de vida orientado para o consumo e no uso excessivo de embalagens.

De todos os resíduos sólidos domiciliares gerados no Brasil, aproximadamente 50% são resíduos orgânicos e desta quantidade gerada, por volta de 0,6% são encaminhados para unidades de compostagem. Este cenário mostra que os aterros sanitários se tornaram uma importante fonte em potencial para a produção de energia através do aproveitamento do biogás (metano) e, conseqüentemente, para a geração de créditos de carbono pelo MDL (IBGE, 2010).

A coleta e o transporte dos resíduos sólidos domiciliares são caracterizados como a retirada do resíduo condicionado até a unidade de tratamento ou disposição final. Essa ação pode ocorrer de duas maneiras, chamadas de convencional e seletiva. A diferença entre os tipos de coleta é que a convencional não estabelece segregação na fonte dos materiais coletados enquanto a seletiva pode solicitar a separação em distintas frações (Schalch et al, 2002).

O processo de reciclagem abrange a separação e a coleta de materiais, bem como o preparo destes para o reuso, reprocessamento e remanufatura. Este procedimento consiste em uma importante ferramenta para auxiliar a redução da pressão sobre os recursos naturais e também para que se prolongue o tempo de vida útil dos aterros sanitários.

A educação ambiental é um importante instrumento apontado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, e possui uma função essencial para o sucesso dos programas de reciclagem, visando a aprendizagem dos indivíduos em relação ao seu papel como gerador de resíduos, abrangendo escolas, casas, comércio; enfim, todos os locais onde há geração de resíduos.

Outro processo utilizado para o tratamento dos resíduos sólidos é a incineração, que consiste em um processo de redução de peso e volume do lixo. O que sobra da queima é chamado de escória, ficando em torno de 15 a 20% da massa original do lixo. Esta sobra deve ser encaminhada para um aterro sanitário ou outra forma de disposição final. A incineração exige um menor espaço urbano, podendo estabelecer-se próxima às fontes produtoras de resíduos, diminuindo as despesas de transporte. Entretanto, ainda são apontados como fatores limitantes o alto custo de implantação e manutenção, e a geração de substâncias tóxicas nocivas, que ainda carecem de mais estudos em relação aos seus reais impactos para o meio ambiente e saúde da população.

Em relação à etapa de disposição final de RSU, no Brasil e no mundo, o aterro sanitário é o método mais difundido, por ser considerado a solução mais econômica quando comparado a outros processos. Assim, no Brasil destaca-se a priorização do uso de aterros sanitários, favorecendo, portanto, a promoção à produção e queima de biogás nos projetos do mercado de carbono.

No Brasil, dos 5.564 municípios que constituem o país, 27,7% deles destinam os seus resíduos sólidos para aterros sanitários, 22,5% para aterros controlados e 50,8% para lixão a céu aberto (IBGE, 2010). Os aterros controlados são uma versão melhorada dos lixões a céu aberto, pois possuem algum controle dos resíduos e alguns sistemas de proteção de águas subterrâneas e do solo. Os aterros sanitários podem ser definidos como um método de disposição de resíduos sólidos no solo que seguem rígidas normas de operação e critérios de engenharia visando controlar os impactos ambientais e proteger a saúde pública (ABNT, 1996).

Estes dados demonstram que o modelo de gestão dos resíduos sólidos brasileiro caracteriza-se pelo aterramento dos seus resíduos, com o uso intensivo dos aterros sanitários e dos demais métodos de disposição no solo.

A produção de biogás, que ocorre por meio da digestão anaeróbica da matéria orgânica descartada, é um dos passivos das atividades realizadas nos aterros sanitários (Borba, 2006). De acordo com o Estudo de Baixo Carbono para o Brasil (CETESB, 2010), a composição do biogás é caracterizada por uma mistura de gases, sobretudo, o metano (CH₄), o gás carbônico (CO₂), o hidrogênio (H₂) e o ácido sulfúrico (H₂S).

O metano representa em média 50-90% do volume total de biogás e o CO₂ corresponde a 5-10%. De composição semelhante ao gás natural combustível, o biogás pode ser empregado como alternativa para a produção de energia. Além disso, como o CH₄ e o CO₂ estão presentes na lista de GEE do Protocolo de Quioto, a destruição e/ou aproveitamento destes gases podem ser uma importante medida no combate aos efeitos adversos das mudanças climáticas, dado que o metano possui potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono, sendo capaz de gerar uma grande quantidade de créditos de carbono (Rubio-Romero, 2013).

Portanto, esta e outras atividades que reduzem emissões de GEE para a atmosfera no setor de resíduos são adotadas pelo Protocolo de Quioto como elegíveis ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). Nesse contexto, o Brasil possui um relevante potencial de desenvolvimento de projetos no setor de resíduos sólidos.

3. Diretrizes para a inovação relacionada a projetos de MDL no setor de resíduos sólidos

Dos 300 projetos brasileiros de MDL registrados no *CDM registry* (plataforma de registro de projetos de MDL no *website* da UNFCCC) em diversos setores, 43 são projetos em aterros sanitários (UnepRisoe, Agosto de 2013).

Ressalta-se que os projetos de MDL possuem duplo objetivo: reduzir emissões de GEE e gerar co-benefícios sociais e ambientais no país hospedeiro do projeto. Cabe destacar que a inovação tecnológica compõe os critérios e indicadores de sustentabilidade local dos projetos de mitigação de GEE. Para projetos de MDL, atribui-se às Autoridades Nacionais Designadas (AND) a responsabilidade de definir tais critérios. A AND é representada pela Comissão Interministerial sobre Mudança Global do Clima (CIMGC), colegiado composto por 11 ministérios, presidido pelo ministro da Ciência e Tecnologia e vice-presidido pelo ministro do Meio Ambiente.

De acordo com a AND, define-se o critério de contribuição para capacitação e desenvolvimento tecnológico como sendo a avaliação do grau de inovação tecnológica do projeto em questão em comparação ao cenário de linha de base e às tecnologias utilizadas em atividades desenvolvidas no mesmo segmento que sejam equiparáveis as dos projetos. Além disso, avaliam-se outros elementos relacionados à tecnologia como: a possibilidade de reprodução da tecnologia utilizada; a procedência dos equipamentos; a existência de royalties e licenças tecnológicas; e a demanda de assistência técnica internacional (Monzoni, 2004).

Em dezembro de 2010, na 16^a Conferência das partes, realizada em Cancun, foi estabelecido um Comitê Executivo de Tecnologia para facilitar a implantação de ações de desenvolvimento e de transferência de tecnologia por meio das atividades de MDL (UNFCCC, 2011). Ou seja, aponta-se como benefícios locais que podem advir de projetos de MDL o desenvolvimento ou a difusão de tecnologia nos países receptores (UNFCCC, 2012a), que constituem aspectos relevantes do processo de inovação (Edquist, 2005).

Bozmoski, Lemos e Boyd (2008) ressaltam que a centralização regional e setorial verificada na implantação de projetos de MDL dificulta a disseminação das tecnologias. E Schneider et al. (2008) apontam para a necessidade de uma análise mais detalhada das características e variáveis específicas dos países hospedeiros dos projetos, uma vez que este diagnóstico pode auxiliar no entendimento das diferenças do nível de transferência tecnológica por meio do MDL em diferentes regiões.

Dechezleprêtre et al. (2009) fazem um estudo acerca da transferência de tecnologia por meio dos projetos de MDL, apontando que a compra de equipamentos - um frequente indicador empregado para avaliar este aspecto no âmbito do MDL - nem sempre pode ser considerada como transferência de tecnologia. Este fato ocorreu largamente na análise dos documentos de concepção dos projetos (DCP) em aterros sanitários analisados pelos autores, em que 80% destes projetos afirmam promover a transferência de tecnologia e, igualmente, 80% afirmam ter realizado importação de equipamentos. Nos DCP existe a informação da importação de equipamentos, mas não há, por exemplo, informação sobre o envolvimento do fornecedor de equipamentos, posteriormente à venda.

Sob outra perspectiva, Haites et al (2006) e Seres et al (2009) apontam que, a longo prazo, os países com um maior número de projetos de MDL em um determinado setor estão mais propensos a ampliar sua própria capacidade tecnológica doméstica neste setor específico. Este fato pode ser evidenciado pela tendência de declínio da transferência de tecnologia através do MDL no Brasil (UNFCCC, 2012a).

Esta situação está por muitas vezes, na literatura, interpretada de um modo negativo. No entanto, pode também ser interpretado que, a partir do aumento do número de projetos desenvolvidos em um mesmo setor, a tecnologia se torna disponível localmente, diminuindo-se o benefício marginal de tecnologia importada. Sendo assim, esta evidência não indicaria uma falha do MDL para a transferência de tecnologia, mas sim, seria um sinal de sucesso (Seres et al, 2009).

Passando especificamente ao contexto setorial estudado, a partir da pesquisa nas bases de dados do CDM registry da UNFCCC e da UNEPRisoe, constatou-se que os projetos desenvolvidos no Brasil no escopo setorial de resíduos sólidos limitam-se aos projetos de grande escala implantados em aterros sanitários. Os Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 - Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil – Agosto 2013

Nome do Projeto	Localização	Nome do Projeto	Localização
Nova Gerar landfill gas	Rio de Janeiro	Terrestre Ambiental landfill gas	São Paulo
Salvador, Bahia - landfill gas	Bahia	CTRVV landfill gas	Espírito Santo
Onyx landfill gas - Tremembé, Brazil	São Paulo	Alto-Tietê landfill gas	São Paulo
MARCA landfill gas	Espírito Santo	Feira de Santana landfill gas	Bahia
Bandeirantes landfill gas	São Paulo	Proactiva Tijuquinhas landfill gas	Santa Catarina
ESTRE Paulínia landfill gas	São Paulo	Central-CTRS/BR.040 landfill gas	Minas Gerais
Caieiras landfill gas	São Paulo	SANTECH – Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda. – SANTEC landfill gás	Santa Catarina
Lara landfill	São Paulo	Organoeste Dourados & Andradina	Mato Grosso do Sul e São Paulo
São João landfill gás	São Paulo	Manaus landfill gas	Amazonas
Anaconda Project	São Paulo	Itaoca landfill gas	Rio de Janeiro
Central de Resíduos do Recreio - landfill gás Project	Rio Grande do Sul	CTR Candeias landfill gas	Pernambuco
Canabrava landfill gas	Bahia	Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL) landfill gas	São Paulo
Aurá landfill gas	Pará	Uberlândia landfills I and II	Minas Gerais
ESTRE Itapevi landfill gas	São Paulo	CGR Guatapara Landfill Project	São Paulo
Quitaúna landfill gas	São Paulo	Natal Landfill Gas to Energy Project	Rio Grande do Norte
Estre Pedreira landfill gas	São Paulo	Projeto de Gás de Aterro TECIPAR – PROGAT	São Paulo
URBAM/ARAUNA landfill gas	São Paulo	ENGEP & BEGREEN CDM Project at UTGR – Jambeiro Landfill	São Paulo
Embralixo/Araúna - Bragança landfill gas	São Paulo	Barueri Energy CDM Project Activity	São Paulo
Probiogas - João Pessoa landfill gas	Paraíba	Constroeste Landfill Gas to Energy Project	São Paulo
Gramacho Landfill Gas Project	Rio de Janeiro	Proactiva CGA Iperó Landfill Gas to Energy Project	São Paulo
ITVR Sao Leopoldo landfill gas project	Rio Grande do Sul	ESTRE Piratininga Landfill Gas Project	São Paulo
CTR Rosario Landfill Gas Project	Maranhão		

Fonte: baseado em UnepRisoe CDM Pipeline (Agosto, 2013).

Deste modo, verifica-se uma limitação em termos de abrangência do mercado de carbono regulado no setor de resíduos sólidos, uma vez que as iniciativas de MDL concretizadas

estão restritas aos projetos de grande escala e na etapa de disposição final de resíduos, ou seja, à etapa final da gestão de resíduos sólidos urbanos. No contexto estudado, tais iniciativas se colocam, na prática, como fonte dominante de demandas em termos de inovação tecnológica relacionada à implantação dos projetos de MDL.

É necessário ampliar tal abordagem restritiva levando em conta as diferentes etapas da gestão de resíduos sólidos (incluindo geração e diferentes alternativas de tratamento). A UNFCCC define diretrizes para a inovação ao disponibilizar metodologias para projetos de grande e pequena escala em várias etapas da gestão de resíduos, conforme demonstrado na tabela 2. No setor estudado verificam-se mudanças institucionais representadas pela criação do mercado de carbono regulado e sua operacionalização no escopo de resíduos sólidos.

Na literatura sobre inovação, o contexto institucional é definido como um fator relevante na abordagem de sistemas de inovação existentes em diferentes setores de atividade econômica. Busca-se compreender como a dinâmica da inovação tecnológica influencia e é influenciada pelo quadro institucional (Fagerberg, 2005).

Nos projetos de MDL do mercado de carbono regulado, as metodologias UNFCCC para implantação de projetos de MDL no setor de resíduos sólidos, Tabela 2, sugerem o estabelecimento de um contexto institucional de incentivos potenciais à inovação tecnológica no setor de resíduos sólidos.

Tabela 2 - Metodologias da UNFCCC para projetos no setor de resíduos sólidos e as etapas da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU)

Metodologias para projetos de GRS de grande escala (UNFCCC)	Finalidade (etapa da GRSU)
<i>ACM001 - Metano evitado e captura de metano (destruição ou aproveitamento) – Resíduos Sólidos</i>	Esta metodologia é fruto da consolidação das metodologias AM0002, AM0003, AM0010 e AM0011. É utilizada para captura e queima de gás de aterro. Implantação de sistema de cogeração de energia também pode ser contemplada. (disposição final)
<i>AM0025 – Emissões de resíduos orgânicos evitados por meio de processos alternativos de tratamento de resíduos</i>	Esta metodologia tem como finalidade implementar processos inovadores de tratamento de resíduos sólidos com o intuito de reduzir/ evitar a geração de biogás em aterros. Exemplos: Compostagem, digestores anaeróbicos, tratamento mecânico/ térmico, incineração dos resíduos objetivando geração de energia. Esta metodologia encontra-se em sua 12ª versão. (compostagem/incineração)
<i>AM0053 – Inserção de biogás na rede de distribuição de gases</i>	Esta metodologia pode ser empregada em conjunto com outras metodologias aprovadas no âmbito do MDL. É também uma extensão da metodologia ACM001, permitindo a captação de gases originários de outras atividades além dos aterros. Exemplos: Estação de tratamento de esgoto e de dejetos de animais. (disposição final)
<i>AM0075 – Metodologia para coleta, processo e fornecimento de biogás a usuários finais para a produção de calor</i>	Esta metodologia visa a captação de biogás de aterros e estações de tratamento de esgoto para a produção de calor. (disposição final)
<i>AM0083 – Minimização de emissões de gás de aterro através da aeração in-situ</i>	Esta metodologia visa a prática de injetar ar nos maciços dos aterros induzindo o processo aeróbico para antecipar o processo de mineralização da fração orgânica, reduzindo a produção de CH ₄ . (disposição final)
Metodologias para projetos de GRS de pequena escala¹ (UNFCCC)	Descrição
<i>AMS-III.E – Produção de metano, decorrente da decomposição da biomassa, evitada por meio de combustão controlada, gasificação ou tratamento mecânico/térmico</i>	Esta metodologia está em sua 16ª versão. É uma adaptação da AM0025 para projetos de pequena escala. (disposição final)
<i>AMS-III.F – Emissões evitadas de metano por meio do tratamento biológico controlado da biomassa</i>	Esta metodologia está em sua 8ª versão. É uma adaptação da AM0075 para projetos de pequena escala. (disposição final)
<i>AMS-III.G – Recuperação de Metano</i>	Esta metodologia visa a captura e combustão de metano em aterros sanitários, podendo ser queimado de forma controlada

¹ Entende-se por pequena escala os projetos limitados a 60.000 tCO₂e/ ano.

<i>em Aterro Sanitário</i>	ou empregado para uso térmico, geração de energia elétrica, entre outras possibilidades. (disposição final)
<i>AMS-III.L – Produção evitada de metano decorrente da decomposição da biomassa por meio de pirólise controlada</i>	Essa metodologia visa o metano evitado por meio do processo de pirólise do resíduo, caracterizado como a decomposição térmico-química de materiais orgânicos com alto teor de carbono não condensado. (disposição final)
<i>AMS-III.AF – Minimização de emissões de metano por meio da aeração dos aterros e áreas contaminadas (lixões) para posterior compostagem, escavação e classificação dos resíduos, com recuperação da área</i>	Esta metodologia encontra-se, especialmente, em harmonia com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Possui como finalidade evitar emissões de metano para atmosfera por meio do tratamento dos resíduos sólidos previamente depositados nos aterros sanitários. A tecnologia consiste na aplicação de injeção de ar comprimido, enriquecido com uma fração de oxigênio nos maciços dos aterros sanitários, reduzindo a concentração do biogás e, deste modo, permitindo a escavação segura dos resíduos depositados. Em seguida, os resíduos removidos podem ser reutilizados ou destinados para incineração controlada, corroborando para a descontaminação das áreas dos aterros, bem como das águas superficiais e subterrâneas. (disposição final)
<i>AMS-III.AJ – Recuperação e reciclagem de plásticos de resíduos sólidos municipais</i>	Esta metodologia encontra-se, assim como a AMS-III. AF, em consonância com a PNRS, com elevado potencial de aplicabilidade pelo setor público. Possui como objetivo recuperar e reciclar materiais de polietileno de alta e baixa densidade, com posterior tratamento e inserção de mercado. Deste modo, substituindo os materiais originários de componentes fósseis. (reciclagem)

Fonte: baseado em UNFCCC (2012b)

A inovação tecnológica depende das características setoriais e a magnitude da sua repercussão no desempenho setorial pode requerer mudanças institucionais. O estabelecimento de tais mudanças é um elemento importante para definir a capacidade de criar e se beneficiar da inovação (Fagerberg, 2005)

A compilação das metodologias disponíveis para utilização nos projetos de MDL aponta que, na maioria dos casos, o foco está na captura e utilização de biogás de aterro sanitário, ou seja, restringe-se à etapa de disposição final de resíduos.

O cenário verificado para o setor de resíduos sólidos, considerando os projetos de MDL, exemplifica o desafio atual para as políticas de desenvolvimento sustentável no tocante à inovação tecnológica. De acordo com Perez (2001), a tecnologia deve estar no centro, e não nas bordas das políticas de desenvolvimento. Em termos práticos, isto implica considerar a necessidade de avançar em direção ao estabelecimento de uma reconexão da tecnologia com a melhoria direta e imediata das redes de produção e da qualidade de vida.

Um aspecto do processo de inovação é a prevalência de resistência a novos caminhos ou de inércia que ameaça destruir iniciativas inovadoras (Fagerberg, 2005). Constata-se que os projetos desenvolvidos no Brasil no escopo setorial de resíduos sólidos estão concentrados em projetos de grande escala implantados em aterros sanitários. Tal situação contribui para reforçar o modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos restrito às ações voltadas ao aterramento dos resíduos.

4. Conclusão

O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) foi desenhado, no âmbito do protocolo de Quioto, para atender aos objetivos de auxiliar os países em desenvolvimento a atingirem o desenvolvimento sustentável local e, ao mesmo tempo, de auxiliar os países do anexo I a atingirem suas metas de redução de emissão de GEE.

A partir do foco no setor de resíduos sólidos e com base na identificação das diretrizes explicitadas na finalidade das metodologias utilizadas na implantação dos projetos de MDL, e que podem orientar os esforços de inovação tecnológica, verifica-se a concentração em atividades de projetos de grande escala voltados à captura e queima de biogás em aterros sanitários.

Dada a capacidade dos projetos no setor de resíduos sólidos para a redução de emissão de GEE, este escopo poderia se beneficiar do MDL não somente como um mecanismo de financiamento para os investimentos de que carece este setor, mas também como uma oportunidade para o desenvolvimento e difusão de tecnologia que contribua para que o país se coloque em um patamar adequado em relação aos padrões sanitários, e mais especificamente, no que concerne à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Verificou-se que apenas duas metodologias são destinadas a outras etapas da GRSU que não seja a disposição final em solo: AM0025 e AMS-III.AJ.

Sugere-se que, no contexto estudado, a exploração das potencialidades do MDL para gerar benefícios locais implica a promoção da inovação tecnológica nas diversas etapas envolvidas na melhoria da gestão de resíduos sólidos urbanos, incluindo geração e diferentes alternativas de destinação.

O MDL, por meio dos projetos de mitigação de GEE, pode colocar-se como um instrumento na promoção de desenvolvimento e difusão de tecnologia no setor de RSU buscando responder aos anseios da sociedade por uma melhoria na qualidade da prestação deste serviço, particularmente em cidades populosas e com grande geração de resíduos.

Referências

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996. NBR 8419/1984: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Urbanos – Rio de Janeiro.

Borba, S. M. P. (2006). Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários: Estudo de Caso, Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ, Engenharia Civil.

Bozmoski, A.; Lemos, M. C; Boyd, E. (2008). Prosperous Negligence: Governing the clean development mechanism for markets and development. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**. 50, no. 3: 18–30.

BRASIL (2003) Comissão Interministerial de Mudanças Globais do Clima – CIMGC, Resolução n.1 de 11 de setembro de 2003.

_____ (1997). Protocolo de Kyoto à Convenção sobre Mudança do Clima. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT com o apoio do Ministério das Relações Exteriores. Available from: < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf >. Accessed date: February 2013.

_____(2010). Lei nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2 de agosto de 2010.

CETESB (2010). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Estudo de Baixo Carbono para o Brasil, Relatório de Síntese Técnica: Resíduos.

Dechezleprêtre, A., Glachant, M., Ménière, Y. (2009). The Clean Development Mechanism and the international diffusion of technologies: An empirical study. In: **Energy Policy**, v.36, p.1273-1283.

Edquist, C. (2005). Systems of Innovation: Perspectives and challenges. Fagerberg, J.; Mowery, D. Nelson, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, p. 181-208.

Fagerberg, J. (2005) Innovation: A guide to the literature. Fagerberg, J.; Mowery, D. Nelson, R. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, p. 1-26.

Haites, E., Maosheng, A., Seres, S. (2006). Technology transfer by CDM projects, *Climate Policy* 6, 327– 344.

IBGE (2010). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasil.

Monzoni, M. (2004). Sustainability Criteria and Indicators for GHG Mitigation Projects, Fundamental Principles Behind the Criteria, Buenos Aires, December.

Perez, C. (2001). Technological change and opportunities for development as a moving target. **CEPAL review** 75, p. 109-130.

Rubio-Romero, J.C., Arjona-Jiménez, R., López-Arquillos, A. (2013). Profitability analysis of biogas recovery in Municipal Solid Waste landfills, **Journal of Cleaner Production**, 1-8.

Schalch, V.; Leite, W. C. A.; Junior, J. L.F.; Castro, M. C. A. A (2002). Apostila Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. São Carlos-SP: Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos, 40 p.

Seres, S., Haites, E.; Murphy, K. (2009). Analysis of technology transfer in CDM projects: An update. *Energy Policy* 37: 4919-4926.

Schneider, M.; Holzer, A.; Hoffman, V.H. (2008). Understanding the CDM's contribution to technology transfer. *Energy Policy*, v.36, n. 8: p.2930-2938.

UNEP RISOe, (2013) Capacity Development for the CDM, CDM projects in the pipeline Analysis and Database, August 2013. Disponível em: <<http://www.cd4cdm.org/>> Acesso em: Agosto de 2013.

UNFCCC (2001). United Nations Framework Convention on Climate Change. Marrakech Accord: Report of the Conference of the Parties on its Seventh Session, held at Marrakech from 29 October to 10 November 2001 Conference of The Parties, Volume II FCCC/CP/2001/13/Add.2).

UNFCCC (2011). United Nations Framework Convention on Climate Change, Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010, Conference of the Parties FCCC/CP/2010/7/Add.1 Available from: <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf> Accessed date: December 2012

UNFCCC (2012a). United Nations Framework Convention on Climate Change. Benefits of Clean Development Mechanism, 2012. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/about/dev_ben/index.html>. Acesso em: Maio de 2013.

UNFCCC (2012b). United Nations Framework Convention on Climate Change, CDM Methodologies Booklet - Fourth edition - Information up to EB 69 - November 2012. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/>>. Acesso em: Maio de 2013.