



Tecnologias mais Limpas e Desenvolvimento Sustentável no Brasil: Contribuição de Projetos de MDLⁱ

A. Costa ^a, J. C. S. Andrade ^b

a. Universidade Federal da Bahia, Salvador, anjun@ig.com.br

b. Universidade Federal da Bahia, Salvador, celiosa@ufba.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar as contribuições de projetos de MDL para a geração de tecnologias mais limpas e promoção do desenvolvimento sustentável no Brasil. Para isto, foram selecionados 10 casos representativos da realidade brasileira, e adotou-se uma estratégia metodológica de estudo multicase onde foi utilizada a técnica de triangulação de dados e posterior análise à luz de um modelo construído à partir dos conceitos de ciclo de projetos de MDL, transferência tecnológica, tecnologias ambientais e desenvolvimento sustentável. Os resultados encontrados demonstram o predomínio de projetos que: a) utilizam tecnologias ambientais eminentemente *end-of-pipe* ou em estágio de transição para tecnologias mais limpas; b) apresentam perfis *single* ou *double bottom-line* quanto ao desenvolvimento sustentável; c) apresentam transferência de tecnologia predominantemente endógena, com a aquisição ou desenvolvimento no Brasil da maioria do *know-how* e equipamentos utilizados. Conclui-se, portanto, que os projetos brasileiros de MDL estudados, apesar de terem apresentado alta incidência de transferência predominantemente endógena de tecnologia, contribuem de forma modesta e ainda incipiente para a geração de tecnologias mais limpas e para o desenvolvimento sustentável na visão *triple-bottom-line*.

Palavras-chave: *Tecnologias mais Limpas; Desenvolvimento Sustentável; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL;*

1. Introdução

Durante a 3ª Conferência das Partes (COP-3), em 1997, a comunidade internacional criou o Protocolo de Kyoto, um acordo multilateral que estipula metas concretas de redução na emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE)ⁱⁱ por parte dos países desenvolvidos, integrantes do Anexo I (Ventura, 2008). Esse protocolo prevê mecanismos de flexibilização a serem utilizados para garantir o cumprimento dos compromissos da Convenção, que são: a implementação conjunta (JI – *Joint Implementation*), que permite que países industrializados compensem suas emissões financiando projetos de redução em outros países industrializados; o Comércio de Emissões (CE), que permite aos países trocarem suas emissões permitidas; e os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permitem que os países industrializados alcancem suas metas individuais por meio de projetos implantados em países em desenvolvimento (Goldemberg, 2005).

Assim, considerando que um dos principais objetivos do MDL é fomentar o desenvolvimento sustentável nos países do não-Anexo I, mediante a transferência de tecnologias ambientalmente seguras, e partindo do pressuposto que a geração de tecnologias mais limpas é a estratégia mais eficaz para o atingimento deste

objetivo, este artigo surgiu do seguinte problema de pesquisa: estará o MDL sendo eficaz no fomento ao desenvolvimento sustentável e na geração de tecnologias mais limpas no Brasil?

2. Revisão da Literatura

Visando à construção do modelo de análise utilizado neste artigo, descreve-se o ciclo de implementação de um projeto de MDL (item 2.1); discute-se a transferência de tecnologias ambientalmente seguras para países hospedeiros de projetos MDL (item 2.2); analisa-se os tipos de tecnologias ambientais: *end-of-pipe* versus tecnologias limpas (item 2.3); e finalmente, discute-se o conceito de desenvolvimento sustentável na visão *triple-bottom-line* (item 2.4).

2.1 Ciclo do Projeto de MDL

De acordo com MCT (2008), para que os projetos sejam aprovados pelo Conselho Executivo de MDL (CEMDL), resultando em Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), suas atividades devem, necessariamente, passar pelas sete etapas do Ciclo do Projeto, quais sejam: a) elaboração de Documento de Concepção de Projeto (DCP); b) validação por Entidade Operacional Designada (EOD), verificando-se se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Kyoto; c) aprovação pela Autoridade Nacional Designada (AND), no Brasil representada pela Comissão Interministerial de Mudanças Globais do Clima (CIMGC); d) submissão ao Conselho Executivo, coordenado pela *United Nations Framework on Convention Climate Change (UNFCCC)* para registro do projeto; e) Monitoramento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de GEE, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no DCP; f) Verificação/certificação, através de auditoria independente, para aprovar os cálculos acerca da redução de GEE; g) Emissão de RCEs de acordo com as reduções de emissões de GEE certificadas. Dessa forma, diferentes agentes apresentam papéis extremamente importantes, pois são responsáveis por instâncias de aprovação, de modo a assegurar a credibilidade do processo de certificação de créditos de carbono (Seiffert, 2009).

É justamente na primeira etapa desse ciclo, durante a elaboração do DCP, que os proponentes do projeto descrevem a atividade implementada, indicam os participantes nela envolvidos, detalham a metodologia e linha de base adotadas, relataram os cálculos de redução ou remoção de GEE da atmosfera e apresentam o plano de monitoramento que será utilizado, entre outras informações importantes. Também nessa etapa, os proponentes apresentam as contribuições do projeto para o desenvolvimento sustentável e os papéis desempenhados pelos *stakeholders*. Assim, as informações prestadas pela organização proponente no DCP são indispensáveis para a verificação, tanto por parte da AND quanto do CEMDL, sobre a elegibilidade do projeto (MCT, 2008). Lopes (2002) afirma que, além do critério da adicionalidade, uma condição básica para a aprovação do projeto é a obrigatoriedade de comprovação de que as opiniões dos *stakeholders* foram consideradas para a sua elaboração. Assim, os projetos de MDL devem levar em consideração as opiniões emanadas por esses *stakeholders* de forma a criar um mapa de influência dos mesmos (Esty e Winston, 2006).

2.2 Transferência Tecnológica

Na agenda ambiental global, a questão da transferência de tecnologia tem desempenhado um papel central na ecopolítica Norte-Sul. Normalmente, carrega consigo a noção de cessão de conhecimentos dos mais desenvolvidos (países do Norte) ao menos desenvolvidos (países do Sul). Acredita-se que países com conhecimento e domínio já consolidados em tecnologias ambientalmente seguras deveriam transferi-los a países com pouca ou nenhuma capacidade tecnológica

instalada nessa área, visando diminuir o fosso de conhecimento e capacitação tecnológica Norte-Sul (Esty & Ivanova, 2002; Le Prestre, 2005).

Portanto, o Protocolo de Kyoto surge como uma oportunidade para que esse processo ocorra das nações do Anexo I para as pertencentes ao não-Anexo I, uma vez que somente os países em desenvolvimento podem implementar projetos de MDL a fim de gerarem RCE para serem adquiridas por nações desenvolvidas. Dessa forma, Schneider *et al.* (2008) acreditam que a transferência de tecnologia se reveste como um aspecto estratégico para a promoção de tecnologias ambientalmente seguras e para o desenvolvimento de um país. Analisando-se o artigo 10 do Protocolo de Kyoto e, em particular, seu item (c) percebe-se que o elemento transferência de tecnologia faz parte do escopo desse instrumento de governança ambiental global, pois as partes “devem cooperar na transferência ou no acesso a tecnologias, know-how, práticas e processos ambientalmente seguros relativos à mudança do clima, em particular para os países em desenvolvimento” (Brasil, 2004, p. 27).

Assim, o presente artigo considera que a transferência de tecnologia pode ser tanto exógena como endógena ou de ambos os tipos. A transferência tecnológica é classificada como exógena nos casos onde o processo ocorre de países do Anexo I para países não-Anexo I. Já a transferência é considerada endógena quando a tecnologia é desenvolvida nos próprios países do não-Anexo I, como o Brasil, e replicada de forma doméstica entre setores produtivos, regiões e estados desses países. (Zhao & Reisman, 1992; Kanai, 2008).

Já quanto a forma, este artigo defende que a transferência de tecnologia em projetos de MDL pode ocorrer de acordo com as seguintes modalidades (Tigre, 2006; Kanai, 2008; Rosemberg, 2006; Radosevic, 1999; Dechezleprêtre *et al.*, 2009): a) contratos de transferência de tecnologia, licenças e patentes, parcerias com universidades, centros de pesquisa, órgãos públicos, alianças estratégicas, joint-ventures, subcontratação para desenvolvimento de fornecedores locais de máquinas e equipamentos, etc; b) tecnologia incorporada na importação de máquinas, equipamentos e softwares; c) conhecimento codificado (know-how) em manuais de operação, softwares aplicativos, cursos e programas de treinamento práticos; d) conhecimento tácito através de contratação de consultorias, assistência técnica, estágios e qualificações visando possibilitar a transferência de componentes tácitos do know-how; e) aprendizado cumulativo (learning by doing): processo de mudanças e aperfeiçoamento da tecnologia pelos países hospedeiros através do aprender fazendo e testando; f) desenvolvimento tecnológico próprio: esforços de P, D & I, engenharia reversa e experimentação nos países hospedeiros.

2.3 Tecnologias Ambientais: *end-of-pipe* versus tecnologia mais limpa

As tecnologias ambientais podem ser divididas em tecnologias de controle de poluição *end-of-pipe* e tecnologias mais limpas. As primeiras não alteram o sistema produtivo como tal, mas introduzem sistemas tecnológicos adicionais que capturam as emissões de poluentes a fim de diminuir o seu impacto sobre o ambiente. As tecnologias mais limpas, por sua vez, não buscam tratar a poluição após a sua emissão, mas evitar ou reduzir tais emissões antecipadamente. Seu foco é sobre as causas da degradação ambiental e não sobre os efeitos. As tecnologias mais limpas são fundadas no princípio de prevenção, ao passo que, as tecnologias *end-of-pipe*, em princípio também consideradas ambientalmente seguras, pautam-se no princípio da correção (Lenzi, 2006).

Segundo Lagrega *et al.* (1994), a disposição da ordem dos 3Rs (redução, reutilização e reciclagem) não é aleatória, pois quanto mais as tecnologias e práticas de produção mais limpas tendam para a redução da emissão de resíduos, mais estarão ligadas à redução na fonte, promovendo mudanças e inovações nos

processos produtivos. Ao passo que, quanto mais as estratégias ambientais utilizadas atuem no tratamento de resíduos gerados pelos processos produtivos, elas tenderão a serem classificadas como end-of-pipe.

Assim, os projetos de MDL ao buscarem a redução dos resíduos na fonte, tenderiam a inovar os processos produtivos, através da eliminação de perdas, reduzindo não somente os impactos ambientais, como também os custos de produção. Logo, a difusão dessa estratégia ambiental inovativa pelos projetos de MDL levaria a uma maior utilização de tecnologias mais limpas, caracterizando uma situação de duplo dividendo, na qual os empreendimentos tornar-se-iam mais competitivas, e toda a sociedade seria beneficiada com a redução de impactos ambientais causados pela emissão de GEE (Kiperstok, 2003).

Defende-se, portanto, o desenvolvimento de projetos de MDL que incentivem a geração de tecnologias mais limpas em lugar de projetos pautados na aplicação de tecnologias ambientais *end-of-pipe* visando tão somente a redução de custos de produção para os empreendedores. Entretanto, segundo Pearson (2007), projetos de MDL que promovem tecnologias mais limpas ainda não levam à diferenciação nos preços dos créditos de carbono e geram poucos créditos de carbono. Já os projetos de MDL que utilizam tecnologias ambientais *end-of-pipe* como, por exemplo, aterros sanitários geram altos volumes de créditos de carbono, simplesmente pela queima do biogás gerado pela decomposição da matéria orgânica, mas contribuem muito pouco para o desenvolvimento sustentável dos países hospedeiros pertencentes ao não-Anexo I. Argumenta-se, pois, que o fomento à geração de tecnologias mais limpas é a estratégia mais eficaz a ser utilizada pelos projetos brasileiros de MDL para contribuir com o desenvolvimento sustentável do país (ver item 2.4, a seguir).

2.4 Desenvolvimento Sustentável e Triple Bottom Line

Para Silva-Filho (1999), foi nos anos 70 que verificou-se o marco inicial da busca do desenvolvimento sustentável, estratégia utilizada com o intuito de trazer o equilíbrio necessário entre o crescimento econômico e a sustentabilidade socioambiental. Esse conceito – consagrado em 1987, no documento intitulado *Nosso Futuro Comum*, mais conhecido como Relatório Brundlant, elaborado pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) – está em constante construção e aprimoramento. Entretanto, os três componentes básicos desse novo modelo de desenvolvimento – social, econômica e ambiental (*triple-bottom-line*) – apresentam-se como recorrentes na literatura que trata do desenvolvimento sustentável.

De acordo com Farias (2007), o *triple-bottom-line* se constitui nas características centrais desse modelo de desenvolvimento: a elevação da qualidade de vida e da equidade social, representando os objetivos sociais do modelo; a eficiência e o crescimento econômico, necessários, embora não suficientes, para o modelo; e a conservação ambiental, considerada uma condição decisiva para a sustentabilidade do modelo a longo prazo. Milani e Keraguel (2007) defendem a existência de certo consenso de que o conceito de desenvolvimento sustentável ancora-se no balanço existente entre as esferas ambiental, social e econômica, resguardando-se, ainda, a relação entre as presentes e futuras gerações. Para esses autores, a evolução do conceito de desenvolvimento sustentável – desde sua concepção na década de 1970, e em particular em sua implementação em nível global, a partir da Rio 92 – apresenta muitos desafios para a convergência entre as ações locais e globais. É importante ter-se constantemente em mente que a busca pelo desenvolvimento sustentável não é um processo harmônico e sem conflitos de interesses, mas um processo de mudança de modelo de desenvolvimento no qual a exploração de recursos ambientais, a orientação de investimentos, os rumos das inovações tecnológicas e os novos arcabouços institucionais devem estar de acordo

com as necessidades das atuais e futuras gerações (Soares-Neto, 2004).

Contudo, o Protocolo de Kyoto não explicita quais seriam os critérios dentro do princípio do *triple-bottom-line* a serem observados por cada país hospedeiro na avaliação do grau de contribuição dos projetos de MDL propostos, para o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, cada país define, por meio de sua AND, os critérios a serem utilizados (Brasil, 2004). A AND brasileira, o CIMGC (2003), definiu, portanto, um conjunto de cinco critérios para verificar a contribuição dos projetos de MDL para o desenvolvimento sustentável das localidades direta ou indiretamente impactadas pelas suas atividades no país: a) contribuição para a sustentabilidade ambiental local; b) contribuição para o desenvolvimento das condições de trabalho e a geração líquida de empregos; c) contribuição para a distribuição de renda; d) contribuição para capacitação e desenvolvimento tecnológico; e) contribuição para a integração regional e a articulação com outros setores.

3. Modelo de Análise e Procedimentos Metodológicos

Com base nos conceitos apresentados nas considerações teóricas, construiu-se o modelo de análise da pesquisa (Figura 01). Esse modelo explicita os constructos teóricos, as dimensões analíticas e os componentes empíricos utilizados para avaliar os projetos de MDL estudados e foi utilizado para operacionalizar a etapa de levantamento de dados da pesquisa e subsidiar a análise e interpretação dos resultados (Quivy & Campenhoudt, 1998).

Conceito	Dimensão	Componente
Projeto MDL	Ciclo do Projeto	Principais Barreiras
		Principais Motivações
		Influência de Políticas Públicas
		Papel dos Stakeholders
Tecnologia	Transferência Tecnológica	Existência e Tipo de Transferência de Tecnologia
		Forma de Transferência de Tecnologia
	Tecnologia Ambiental	Tipo de Tecnologia Ambiental
		Estratégia Tecnológica Ambiental Aplicada
Desenvolvimento Sustentável	Triple Bottom Line	Ambiental
		Econômico
		Social

Figura 01 - Modelo de análise da pesquisa (Fonte: Elaboração própria)

Adotou-se também, a estratégia metodológica de estudo de casos múltiplos, de caráter empírico, exploratório e qualitativo, para o estudo de 10 projetos de MDL, visto que a mesma possibilita o conhecimento do objeto na sua apresentação, significado e contexto onde se insere (Yin, 2001).

Para o delineamento da estratégia de pesquisa, consideraram-se três elementos: a delimitação da amostra contendo os 10 casos (Figura 02, a seguir); coleta de dados secundários (levantamento bibliográfico e documental) e primários (entrevistas e pesquisa de campo); seleção, triangulação, análise e interpretação dos dados e discussão dos resultados à luz do modelo de análise construído.

Categoria do Projeto	Número	Nome	Redução de GEE (tCO ₂ e/ano)	Energia Gerada (MW/ano)
Hidroelétricas e Outras Energias Renováveis (Eólica e Biomassa)	5	Votorantim, Erval Seco, Rosa dos Ventos, Água Doce e Lages	335.571	622.015
Resíduos Animais, Reutilização de Resíduos, Aterros Sanitários, Substituição de Combustível e Destruição de N ₂ O	5	Sadia, Agrosuínos/Agcert, Vega, Nova Gerar e Fafen	1.894.712	102.240
Total	10		2.230.283	724.255

Figura 02 – Amostra da pesquisa (Fonte: Elaboração própria)

4. Análise e Discussão dos Resultados

Apresenta-se, a seguir, na Figura 03, informações elucidativas sobre os 10 casos estudados.

Projeto	Categoria	Redução de GEE (Tco ₂ e/ano)	Local do Projeto de MDL	Escopo do Projeto
Rosa dos Ventos	Energia Renovável	17.814	Canoa Quebrada/CE	Parque Eólico
Água Doce	Energia Renovável	13.704	Água Doce/SC	Parque Eólico
Votorantim Energia	Energia Renovável	59.485	Cachoeira/BA	Usina Hidrelétrica
PCH Erval Seco	Energia Renovável	24.129	Erval Seco/RS	Pequena Central Hidroelétrica
Lages Bioenergética	Energia Renovável	220.439	Lages/SC	Queima de Biomassa
Vega Engenharia	Aterro Sanitário	872.375	Salvador/BA	Queima de Metano
NovaGerar	Aterro Sanitário	359.390	Nova Iguaçu/RJ	Queima de Metano/Geração de Energia
Petrobras Fafen	Redução de N ₂ O	57.366	Camacari/BA	Destruição de N ₂ O
Sadia	Suínocultura	591.418	Chapeçó/SC	Queima de Metano
Agrosuínos/AgCert	Suínocultura	14.163	Mata de São João/BA	Queima de Metano
Total		2.230.283	10	10

Figura 03 – Casos Estudados

4.1 Análise Comparativa dos Casos

Apresenta-se, agora, a análise comparativa dos 10 casos estudados à luz dos conceitos teóricos e dimensões do modelo de análise da pesquisa: ciclo do projeto de MDL; transferência tecnológica e tecnologia ambiental; desenvolvimento sustentável e *triple-bottom-line*.

4.1.1 Ciclo do Projeto de MDL

Observou-se que as principais barreiras identificadas durante os ciclos dos 10 casos foram: o risco de investimento a longo prazo, em virtude dos custos elevados para o desenvolvimento dos projetos e da incerteza quanto ao futuro do Protocolo de Kyoto após 2012 (7 casos - Rosa dos Ventos, Água Doce, Pequena Central Hidroelétrica (PCH)-Erval Seco, Lages, Vega, Nova Gerar e Sadia); e problemas legais, institucionais e burocráticos (7 casos - Rosa dos Ventos, Água Doce, Votorantim, PCH-Erval Seco, Vega, Nova Gerar e Sadia). No que se refere a essa última, constatou-se que a excessiva burocracia para emissão das licenças ambientais e a ausência de um arcabouço legal e institucional no país com regras claras para regular o recebimento dos recursos estrangeiros oriundos da venda das RCEs foram barreiras importantes transpostas pelos empreendedores dos projetos estudados.

Outras barreiras também mencionadas foram a falta de fornecedores e de infra-estrutura locais (4 casos – Rosa dos Ventos, Água Doce, Lages e Sadia), resistências da comunidade local (3 casos – Rosa dos Ventos, Votorantim e Nova

Gerar) e pioneirismo na elaboração do projeto (4 casos - Rosa dos Ventos, Água Doce, Vega e Nova Gerar). Por outro lado, 2 casos pesquisados (Agrosuínos/Agcert e Fabrica de Fertilizantes (FAFEN) da Petrobras) não enfrentaram grandes barreiras para a sua implementação. No caso do Agrosuínos, a própria AgCert (empresa internacional de consultoria) providenciou todo o ciclo de aprovação do DCP e a infra-estrutura necessária para a implementação do projeto; no caso do FAFEN, a Petrobras S.A. foi responsável pela especificação e compra do catalisador para destruição do N₂O junto a uma empresa alemã e dos equipamentos necessários no mercado nacional, assim como a contratação da consultoria norteamericana (MGM International Ltda) para apoio na elaboração do DCP.

Em 7 casos analisados (Rosa dos Ventos, Água Doce, Votorantim, PCH-Erval Seco, Vega, Nova Gerar e FAFEN/Petrobras), o aspecto econômico, representado pela oportunidade de diversificação do negócio e entrada no mercado de carbono com rentabilidade, foi a principal motivação para a realização de projeto MDL. Em apenas 3 casos (Lages, Sadia e Agrosuínos/Agcert) ambos os aspectos (econômico e ambiental) foram preponderantes. Neste último caso, por exemplo, enquanto para a Agcert a rentabilidade foi decisiva para o desenvolvimento de projetos MDL para tratamento de resíduos de suínos tendo como público-alvo pequenos suinocultores não-integrados, para a Agrosuínos (pequena granja de criação de suínos) a melhoria do desempenho ambiental e cumprimento da legislação foi elencada como principal motivação para a realização da parceria com a Agcert.

4.1.2 Transferência Tecnológica e Tecnologia Ambiental

Observou-se que, no tocante ao tipo de transferência de tecnologia, somente em 4 casos (Rosa dos Ventos, Água Doce, Agrosuínos/Agcert e FAFEN/Petrobras) a transferência foi predominantemente ou parcialmente exógena de um país do Anexo I para outro do não-Anexo I conforme Protocolo de Kyoto. Destaca-se a importância do papel do Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) do governo federal na diminuição do grau de transferência exógena de tecnologia nos 2 projetos de energia eólica (Rosa dos Ventos e Água Doce), ao exigir como contrapartida do financiamento que pelo menos 60% dos equipamentos e know-how necessários à implementação desses projetos fossem adquiridos ou desenvolvidos no mercado nacional.

Em 6 casos (Votorantim, PCH-Erval Seco, Lages, Vega, Nova Gerar e Sadia), a transferência de tecnologia ocorreu de forma predominantemente endógena, com a importação de somente alguns poucos equipamentos e contratação de consultorias estrangeiras para ajudar na elaboração dos DCPs. Assim, a aquisição ou desenvolvimento da maioria do *know-how* e equipamentos necessários à implementação desses 6 projetos foi realizada no Brasil.

Já quanto ao tipo de tecnologia ambiental adotada, observou-se que 5 casos (Vega, Nova Gerar, Sadia, Agrosuínos/Agcert e FAFEN/Petrobras) utilizam tecnologias eminentemente *end-of-pipe*, ou seja, focadas no tratamento de resíduos urbanos (aterros sanitários) e de animais (suinoculturas) ou na destruição catalítica do N₂O gerado no processo de produção de fertilizantes nitrogenados. Em apenas 1 caso (Lages), adotou-se uma estratégia tecnológica situada, de acordo com Lagrega *et al.*(1994), na transição entre tecnologias *end-of-pipe* e mais limpas: a reciclagem externa de biomassa (resíduos de madeira) para geração de energia elétrica e vapor para a cadeia produtiva madeireira. Assim, somente 4 casos (Rosa dos Ventos, Água Doce, Votorantim e PCH Erval Seco) possuem foco na prevenção da poluição e promoção de tecnologias mais limpas, contribuindo para a diversificação (parques eólicos) ou manutenção (pequenas/médias usinas hidrelétricas) da matriz energética brasileira baseada em fontes renováveis de energia.

4.1.3 Desenvolvimento Sustentável e Triple Bottom Line

Verificou-se que apenas os 4 casos (Rosa dos Ventos, Água Doce, Votorantim e PCH Erval Seco) que utilizam tecnologias mais limpas para gerar energia renovável (parques eólicos e usinas hidrelétricas) apresentam perfil *triple-bottom-line*. Nesses 4 casos constatou-se um maior equilíbrio entre os componentes social, ambiental e econômico dos projetos. Em 2 casos (Lages e Nova Gerar), constatou-se contribuições mediana (perfil *double-bottom-line* fundamentado na geração de energia através da reciclagem externa de biomassa e incineração de resíduos urbanos). Nesses 2 casos, verifica-se a predominância dos componentes econômico e ambiental e pouca contribuição social.

Em 4 casos (Vega, Sadia, Agrosuínos/Agcert e FAFEN/Petrobras) a contribuição para o desenvolvimento sustentável foi baixa (perfil *single-bottom-line* fundamentado em tecnologias *end-of-pipe* de tratamento de resíduos urbanos/animais sem geração de energia a partir da queima do biogás ou de destruição catalítica de N₂O). Os 3 casos (Vega, Sadia e Agrosuínos/Agcert) ainda não aproveitam o biogás gerado pelos seus projetos de MDL para geração de energia. Já no caso FAFEN/Petrobras não houve qualquer preocupação em prevenir a geração de N₂O – indicador de perda de rendimento do processo produtivo – e aumentar a eco-eficiência da planta industrial de ácido nítrico. Todo o biogás (CH₄) e o N₂O gerados nesses 4 casos são destruídos para recebimento de créditos de carbono, aproveitando-se dos maiores potenciais de aquecimento global desses gases com relação ao CO₂. Verificou-se, portanto, que o componente econômico é o que mais se destaca nesses projetos, ficando os componentes ambientais e sociais em segundo plano.

5. Considerações Finais

Os resultados encontrados sinalizam que 6 casos estudados (Vega, Sadia, Agrosuínos/Agcert, FAFEN/Petrobras, Lages e Nova Gerar) utilizam tecnologias eminentemente *end-of-pipe* ou na transição entre tecnologias mais limpas e *end-of-pipe* e apresentam perfis *single ou double bottom-line* trazendo mais benefícios para o componente econômico do que para os componentes ambiental e social do desenvolvimento sustentável. Em 7 casos analisados (Rosa dos Ventos, Água Doce, Votorantim, PCH-Erval Seco, Vega, Nova Gerar e FAFEN/Petrobras), a motivação econômica, representada pela oportunidade de entrada no promissor mercado de carbono com rentabilidade através do recebimento de créditos, foi mais importante que as motivações socioambientais para adesão ao MDL.

Nesses projetos também constatou-se que a transferência de tecnologia foi parcialmente exógena, demonstrando o ainda baixo domínio tecnológico e escassez de fornecedores de equipamentos nacionais para a energia eólica no Brasil. Fenômeno que não ocorreu na maioria dos casos estudados (Votorantim, PCH Erval Seco, Lages, Vega, Nova Gerar e Sadia), onde a transferência de tecnologia ocorreu de forma predominantemente endógena.

Conclui-se, portanto, que os 10 projetos brasileiros de MDL estudados, apesar de terem apresentado alta incidência de transferência predominantemente endógena de tecnologia, contribuem de forma modesta e ainda incipiente para a geração de tecnologias mais limpas e para o desenvolvimento sustentável na visão *triple-bottom-line*. Isto pode estar associado ao fato dos projetos de MDL que utilizam tecnologias *end-of-pipe* serem financeiramente mais atrativos do que seus similares que promovam o desenvolvimento de tecnologias mais limpas devido ao menor custo de investimento, baixo risco tecnológico e obterem proporcionalmente mais créditos de carbono. Esse achado explicita a insuficiência desse mecanismo de governança mundial do clima, alicerçado em um instrumento econômico de gestão

ambiental – mercado de carbono –, para alcançar um padrão de desenvolvimento mais limpo e sustentável no Brasil.

Referências

- Brasil, 2004. Protocolo de Quioto e legislação correlata. Coleção Ambiental, vol. 3. Brasília: Senado Federal: Subsecretariado de Edições Técnicas.
- Comissão Interministerial Sobre Mudança Global do Clima – CIMGC, 2003. Resolução nº1. Brasília.
- Dechezleprêtre, A., Glachant, M., Ménière, Y., 2009. Technology transfer by CDM projects: a comparasion of Brazil, China, India e Mexico. *Energy Policy*, 37, 703-711.
- Esty, D. C. & Ivanova, M. (Org.), 2002. *Global Environmental Governance: options & oppportunities*. New Haven, CT: Yale School of Forestry & Environmental Studies.
- Esty, D.C & Winston, A.S., 2006. *Green to gold: how smart companies use environmental strategy to innovate, create value, and build competitive advantage*. New Haven and London: Yale University Press.
- Farias, L.G.Q., 2007. O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia. *Paraná: Urutágua*, 12.
- Goldemberg, J., 2005. O Caminho até Joanesburgo. In A. Trigueiro (Ed.) *Meio ambiente no século 21* (p. 171-181). Rio de Janeiro: Sextante.
- Kanai, K., 2008. A transferência de conhecimento tecnológico: análise do caso - "Curso de Treinamento nos Terceiros Países". Faculdade de Educação, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.
- Kiperstok, A. (Coord.), 2003. *Inovação e meio ambiente: elementos para o desenvolvimento sustentável na Bahia*. Salvador: Centro de Recursos Ambientais.
- Lagrega, M. D., Buckingham, P. L. & Evans, J. C., 1994. *Pollution Prevention*. In _____, *Hazardous Waste Management*. (pp. 355-404) Singapore: McGraw-Hill.
- Lenzi, C. L., 2006. *Sociologia ambiental: risco e sustentabilidade na modernidade*. São Paulo: Edusc.
- Le Prestre, P., 2005. *Protection de l'environnement et relations internationales: les défis de l'écopolitique mondiale*. Paris: Armand Colin.
- Lopes, I. V. (Coord.), 2002. *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL: Guia de Orientação*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.
- Milani, C. R. S. & Keraghel, C., 2007. The International Agenda for Sustainable Development: International Contestatory Movements. In S. Thoyer & B. Martimort (Ed.). *Participation for Sustainability in Trade* (pp. 93-109). Londres: Ashgate.
- Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, 2008. *Manual para Submissão de Atividades de Projeto no Âmbito do MDL. Versão 2.*, Brasília – DF.
- Pearson, B., 2007. Market failure: why the clean development mechanism won't promote clean development. *Journal of Cleaner Production*, 15, 247-252.
- Quivy, R. & Campenhoudt, L., 1998. *Manual de investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

- Radosevic, S., 1999. International technology transfer and catch-up in economic development. Massachusetts: Edward Elgar.
- Rosemberg, N., 2006. Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia. Campinas: UNICAMP.
- Schneider, M., Holzer, A. & Hoffman, V.H., 2008. Understanding the CDM's contribution to technology transfer. *Energy Policy*, 36 (8), 2930-2938.
- Seiffert, M. E. B., 2009. Mercado de carbono e protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade. São Paulo: Atlas.
- Silva-Filho, J. C. L., 1999. O Papel das ONG's na Difusão de Inovações Tecnológicas Ambientais. Anais do Seminário Latino Iberoamericano de Gestion Tecnologica, Valencia, Espanha.
- Soares-Neto, P. B., 2004. Governança e o Eco-comprometimento promovendo Desenvolvimento Sustentável a partir da Gestão de Recursos Hídricos: o caso da Aracruz/ Unidade Guaíba e seus stakeholders. Recuperado em 29 abril 2004, de http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/001319.pdf.
- Tigre, P. B., 2006. Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Ventura, A. C., 2008. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): uma análise da regulação de conflitos socioambientais do Projeto Plantar. Dissertação de mestrado. Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.
- Zhao, L; Reisman, A., 1992. Toward meta research on technology transfer. *Engineering Management*, 39, 13-21.
- Yin, R.K., 2001. Estudo de Caso: planejamento e métodos (2 ed.). Porto Alegre: Bookman.

ⁱ Artigo baseado na tese de doutorado do primeiro autor e orientada pelo segundo autor intitulada "Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): promotores de tecnologias limpas no Brasil?" do Programa de Engenharia Industrial (PEI) da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, 2011.

ⁱⁱ Grupo formado pelo Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Perfluorcarbonos (PFCs), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF₆) e que apresentam diferentes Potenciais de Aquecimento Global (GWP, em inglês) tendo sempre como referência o CO₂. Assim, por exemplo, o GWP do CH₄ é 23 tCO₂e/tCH₄, o GWP do N₂O é 296 tCO₂e/tCH₄, etc.