



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GIA-19  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XI  
GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DIESEL POR ÓLEO VEGETAL NOS SISTEMAS ELÉTRICOS ISOLADOS DA AMAZÔNIA, A LUZ DOS CRÉDITOS DE CARBONO**

**Rubem César Rodrigues Souza\***  
**NEFEN/UFAM**

**Eyde Cristianne Saraiva dos Santos**  
**NEFEN/UFAM**

**RESUMO**

A grande dependência de óleo Diesel na geração de eletricidade nos sistemas elétricos isolados da região Norte, é motivo de grande preocupação face à possibilidade do término do subsídio da Conta de Consumo de Combustível, previsto para 2022, que atualmente viabiliza a sustentabilidade econômica do parque gerador. Sendo assim, oportuno se faz estudar estratégias que levem a mudança da matriz energética local, livrando-a dessa vulnerabilidade e ao mesmo tempo agregando elementos que a tornem compatível com o desenvolvimento adequado a realidade amazônica. Nesse estudo procurou-se avaliar a viabilidade econômica da proposta de substituição do óleo Diesel por óleo vegetal no horizonte de 20 (vinte) anos, ao final do qual a CCC estaria extinta. Como elemento inovador nessa análise, considerou-se os créditos que podem ser obtidos no mercado internacional relativo a mitigação da emissão de CO<sub>2</sub>. É oportuno ressaltar que, embora os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo - MDL ainda não estejam oficializados, o comércio internacional dos créditos de carbono mitigado ou seqüestrado já é uma realidade, estando em pleno desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE**

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Fontes Renováveis de Energia, Biomassa, Seqüestro de Carbono, Sistemas Isolados, Mitigação.

**1.0 O- MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E O COMÉRCIO DE CARBONO**

**1.1 Histórico**

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento (1992), conhecida como "Cúpula da Terra" foi negociada e assinada a "Convenção Quadro das Nações Unidas<sup>1</sup>" sobre Mudança do Clima por 175 países mais a União Européia. No mês de setembro do mesmo ano os países desenvolvidos já encaminhavam seus documentos descrevendo suas estratégias para com a Mudança do Clima. A frente dessas negociações estava o Comitê Intergovernamental de Negociações, o qual havia sido instituído para a Convenção, porém este foi dissolvido em fevereiro de 1995, e a autoridade máxima passou a ser a Convenção "Conferências das Partes" – COP, estabelecida pelo Artigo 7 da UNFCC é representada pelas "Partes" que são os países signatários da convenção. Como órgão supremo desta convenção, a Conferência das Partes manterá regularmente sob exame a implementação desta Convenção e de quaisquer de seus instrumentos jurídicos, as decisões necessárias promover a efetiva implementação desta Convenção (1).

Durante a 3ª Conferência (COP-3) realizada em dezembro de 1997, em Quioto, no Japão, foi celebrado o comprometimento de 39 países desenvolvidos no "Protocolo de Quioto", o qual inclui metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, excetuando-se aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal (2). O protocolo

<sup>1</sup> United Nation Framework on Climate Change –UNFCC

de Quioto inclui três mecanismos de flexibilização a serem utilizados para cumprimento dos compromissos da Convenção: Implementação Conjunta (JI – Joint Implementation), Comércio de Emissões (Emissions Trade) e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (Clean Development Mechanism – CDM). Neste artigo tratou-se do Comércio de Emissões e MDL, pois são os mecanismos mais interessantes para o estudo de caso.

### 1.2 O Mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL

O mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL, está definido no artigo 12 do Protocolo de Quioto. Ele estabelece que a finalidade do MDL será a ajuda a países não incluídos no Anexo I para atingir o desenvolvimento sustentável e contribuir para o objetivo final da Convenção, e ajudar países nele incluídos a adequar-se aos compromissos quantitativos de limitação e redução de emissões. Afirma ainda que países não incluídos no Anexo I se beneficiarão de projetos resultando em redução certificadas de emissões derivadas de tais projetos como contribuição à adequação de parte de seus compromissos quantificados de redução e limitação de emissões (3).

O princípio básico do MDL é permitir que países desenvolvidos invistam nos países em desenvolvimento em oportunidades de redução de baixo custo e que recebam créditos pela redução obtida nas emissões. Os países desenvolvidos podem então aplicar esses créditos nas metas fixadas para 2008-2012. Como a contribuição das emissões de GEE para as mudanças climáticas é a mesma, independentemente de onde elas ocorram, o impacto no meio ambiente global é o mesmo. Assim criam-se

possibilidades de implementação de programas para financiamento de projetos que ao mesmo tempo em que contribuam para o desenvolvimento, mitiguem ou sequestram carbono (4).

O Brasil ratificou o protocolo de Quioto, no dia 19 de julho de 2002, enquanto isso os Estados Unidos, maior contribuinte para geração dos GEE, comparado a outros países, ainda não o fez. São apresentados na TABELA 1, estimativas que tomam como referência o ano base de 1990, e outros parâmetros que refletem os esforços que os países deveram fazer para atingir as metas estabelecidas pelo Protocolo de Quito (3).

Os critérios de elegibilidade para o MDL estão sendo avaliados. O Centro do Clima foi requisitado pela Secretaria de Qualidade Ambiental do Ministério de Meio Ambiente (SQA/MMA) para desenvolver um estudo objetivando o estabelecimento de critérios de avaliação para projetos de redução de gases de efeito estufa, os quais serviriam para apoiar o Ministério de Meio Ambiente na análise de projetos que contribuíssem para concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. A proposta de critérios de elegibilidade e indicadores para priorização dos projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo resultou em quatro critérios de elegibilidade de caráter eliminatório, oito indicadores de sustentabilidade e três indicadores de viabilidade operacional, ambos de caráter classificatório (5). O Brasil é um emissor menor, mas permanece importante nessas discussões a nível mundial por ter proposto o MDL. O interesse do governo brasileiro está voltado mais especificamente para questões relacionadas ao uso da terra e das florestas se serão elegíveis para obtenção de créditos de redução de emissão.

TABELA 1. Compromisso de Redução e Emissões Projetadas

Países	Emissões em 1990	Meta de Quioto	Emissões permitidas diante da meta (em MtC)	Emissões projetadas para 2010	Redução necessária para cumprir a meta de Quioto	%
EUA	1.362	93%	1.267	1.838	571	32%
Japão	298	94%	289	424	144	33%
União Européia	822	92%	756	1.064	308	28%
Outros Países OECD	318	95%	300	472	171	36%
Europa Oriental	266	104%	277	395	118	42%
Ex-URSS	891	98%	873	763	0	0%
Total	3.957	-	3.753	4.956	1312	26%

Fonte: CEBDS (5)

### 1.3 O comércio de carbono

O mercado de carbono está sendo instituído como um mecanismo para atingir objetivos socialmente desejáveis, quando a descarga de poluentes na atmosfera atuou na mudança do clima terrestre. Desde a assinatura do Protocolo de Quioto, o mercado de carbono está passando por etapas de criação de novos

mercados. Nesse processo evolutivo, o setor financeiro terá o papel de reduzir o custo de transações, ou seja, o custo do vendedor encontrar o comprador, além de reduzir o risco de investimento. Considerando um mercado maduro, o contato poderá auxiliar empresas que queiram investir em tecnologia visando a redução de emissões de GEE. Assim o risco de desembolsar capital para obter uma tecnologia que no futuro irá

trazer ganhos em reduções de emissões de GEE, será minimizado já que a empresa assegura o valor do CERs na Bolsa de mercados futuros (1).

No estágio atual de mercado denominado “Grey” existe uma discussão sobre o custo da tonelada de carbono. A Universidade do Colorado e o Executive Office of President, realizaram estudos sob as condições norte-americanas para definir o custo para cada tonelada de CO<sub>2</sub> abatida por ações internas nos Estados Unidos. Os resultados obtidos foram que esses custos poderiam estar na faixa de US\$ 100-200. Esses valores poderiam cair pela metade se nas reduções previstas utilizassem amplamente os mecanismos de flexibilização do protocolo de Quioto. Vários estudos internacionais coincidem ao estabelecer que de US\$ 10 a US\$ 60 seria a faixa de remuneração estimada para a tonelada de redução de emissões obtidas através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Mas especificamente na América Latina, essa faixa é aplicável, porém a distribuição se daria da seguinte forma: entre US\$ 10 e US\$ 20 para projetos associados a sumidouros e resgate de carbono em atividades do setor florestal, e entre US\$ 40 e US\$ 60 para projetos na área de energia (5).

O estudo chamado Staff Appraisal Repot (SAR) utilizou como supostos preços de comércio de carbono os valores de US\$ 5, US\$ 20 e US\$ 40 por tonelada métrica de carbono equivalente. Considerando a sugestão de pesquisadores, onde o dano causado pelo acréscimo da concentração de GEE será maior no futuro do que é hoje, o estudo aplica uma taxa de 2% ao ano sobre os valores de supostos preços de carbono (6).

Uma vez estabelecido o mercado, este se apresentará em três categorias:

- Mercado primário, neste ocorre o lançamento de títulos de governos e liberações de Certificados de Redução de Emissões CERs;
- Mercado secundário, neste existe o comércio dos produtos do mercado primário (ações, títulos e CERs); e
- Mercado de derivativos, o qual são comercializados produtos financeiros que derivam do primeiro e do segundo mercado.

Atualmente existe necessidade de regulamentação e definições para legitimar o mercado de carbono, que está evoluindo.

## 2.0 - ESTUDO DE CASO: AMAZONAS

O Estado do Amazonas encontra-se localizado na região Central da Floresta Amazônica, abrangendo uma área de 1.577.820,2 km<sup>2</sup> com 62 municípios distribuídos em quatro mesorregiões.

A Floresta Amazônica apresenta uma grande diversidade de espécies vegetais, madeiráveis, medicinais, oleaginosas, etc.. Dentre as oleaginosas o Dendê (*Elaeis guineensis* Jack) vem sendo estudado

e melhorado geneticamente. A cultura do dendê apresenta grande potencial para ser implementada no estado, pois é uma cultura que apresenta baixos níveis de agressão ambiental e expressivos níveis de sequestro de carbono; com alta produtividade, 3.500 à 6.000 kg/ha/ano. O estado dispõe de áreas e condições edafoclimáticas propícia para o desenvolvimento da cultura em grande escala. No estado entre o período de 1996 a 1999 foi registrada uma área plantada de 2.400 ha, sendo 1.200 já em produção e 2.400 t de óleo produzido no ano de 1998.

### 2.1 Objetivos

Frente ao exposto os objetivos estabelecidos para a simulação de um projeto de MDL foram:

- Reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do óleo Diesel utilizado para produção de eletricidade na região Amazônica, através da substituição por óleo vegetal do dendeeiro;
- Reduzir o tempo para domínio de tecnologia limpa, isto é, para uso de óleo vegetal para produção de eletricidade, através do aporte de recurso financeiro adicional, sem comprometer a viabilidade econômica do projeto.

### 2.2 Empresa proponente

A empresa proponente seria a Companhia Energética do Estado do Amazonas – CEAM, subsidiária do sistema Eletrobrás, responsável pela geração, distribuição e comercialização de eletricidade no interior do Estado do Amazonas, o capital seria totalmente estatal, e os créditos de carbono serão da Eletrobrás.

### 2.3 Baseline

A baseline representa um fluxo futuro de emissões que servirá de base para a quantificação do abatimento. Para se estimar o fluxo futuro de emissões é necessário a construção de um cenário de referência, descrito a seguir.

### 2.4 Cenário atual

O sistema elétrico pertencente a CEAM foi incorporado a Eletrobrás, com a venda dos ativos pertencentes ao estado. Atualmente é composto por dez regiões elétricas de planejamento somando 92 localidades no interior do estado, das quais 61 são sedes municipais. As localidades rio Preto da Eva, Presidente Figueiredo e Puraquequara são atendidas pela Manaus Energia S/A, as demais são atendidas pela CEAM e totalizam 89 usinas dieselétricas com 194, 7 MW nominais e 155,8 efetivos instalados, distribuídos entre mais de 300 unidades geradoras. Atendendo a regulamentação da ANEEL, desde 03/08/2000 todas as usinas com regime de operação inferior a 24 horas diárias passariam a operar nesse regime, incluindo-se as pequenas localidades que foram incorporadas pela CEAM no triênio 1998/2000. No estado o percentual da população atendida por energia elétrica atinge atualmente 71,4% da população total. A população não atendida (28, 6% do total) corresponde à parcela que

vive em pequenas localidades isoladas no interior e a população rural (7). Na figura 1 pode-se visualizar a disposição das localidades atendidas pela CEAM.

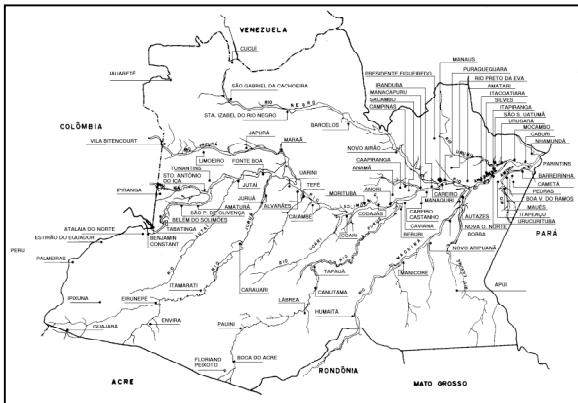


Figura 1 - Localidades do Estado do Amazonas, atendidas por Diesel.

Nesse contexto estabeleceu-se o seguinte “Cenário de Referência” para o projeto:

- Geração com térmicas a óleo Diesel;
- Custo do Diesel subsidiado (CCC em aproximadamente 70%);
- Logística complexa e de alto custo para transporte de óleo Diesel;
- Término da CCC previsto para 2022;
- O país não dispõe de tecnologia competitiva para geração de eletricidade usando somente óleo vegetal;
- Existem 66 mercados isolados dispersos em uma área de 1.558.987 km<sup>2</sup> em plena Floresta Amazônica;
- Grande parte da população residente na área do projeto pratica atividades de subsistência, muitas vezes praticando a agricultura migratória.

## 2.5 Estratégia

Nos dois primeiros anos seria misturado óleo de dendê ao Diesel, na proporção de 1 para 10. No terceiro e quarto ano essa proporção seria de 2 para 10. A partir do quinto ano até o décimo segundo a proporção seria de 3 para 10. Dessa forma, garantiria a produção de óleo vegetal necessário para atender a demanda. Além disso, no horizonte dos 12 primeiros anos o óleo vegetal seria utilizado sem provocar danos aos equipamentos já usados pela concessionária. Assumiu-se ainda, que ao final do décimo segundo ano a concessionária já teria domínio da tecnologia de óleo vegetal podendo modificar todo o parque térmico. A figura 2 mostra a evolução das emissões com o uso de Diesel e do Mix (diesel/dendê), obtendo-se \$ 63.584.326,90 em créditos de carbono, assumindo-se a cotação do carbono de US\$ 4/ tCO<sub>2</sub> e 21 anos de projeto. Adotou-se a metodologia do IPCC (8) para

mensuração dos fluxos de carbono envolvidos nos cenários de referência

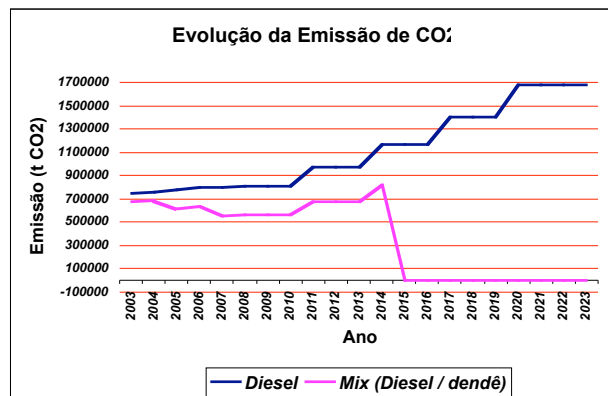


Figura 2 - Baseline do projeto.

## 2.6 Cenário após o projeto

O plano de trabalho estratégico mostrou o seguinte cenário após o projeto:

- Substituição do óleo Diesel por óleo vegetal;
- Geração de emprego direto (725.131) e/ou aumento da renda familiar;
- Domínio da tecnologia limpa;
- Mitigação de 15.896.081 t CO<sub>2</sub> no período de 21 anos.

## 2.7 Adicionalidades

- Aumento da capacidade de investimento para desenvolvimento tecnológico, garantindo o domínio de tecnologia limpa para produção de eletricidade;
- Melhoria da saúde financeira da empresa responsável pelo suprimento de energia elétrica em região de baixa atratividade para o capital privado;
- Impacto positivo na balança comercial brasileira, devido à diminuição do consumo de óleo Diesel;
- Redução da agricultura migratória.

## 2.8 Análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica mostrou os seguintes resultados:

- Sem os créditos de carbono obteve-se a taxa interna de retorno – TIR anual de 15%. Assumindo uma taxa mínima de atratividade de anual – TMA de 14%, o valor presente líquido foi de US\$ 93.259.639,85

e investimento adicional em pesquisa e desenvolvimento – P&D da ordem de US\$ 1.174.106,52 ao longo de 12 anos (compulsório da Lei 9.991).

- Com os créditos de carbono obteve-se a taxa interna de retorno – TIR anual de 15,1%. Assumindo uma taxa mínima de atratividade de anual - TMA de 14%, o valor presente líquido foi de US\$ 104.926.399,58. Caso os recursos provenientes dos créditos de carbono fossem investidos na pesquisa, isso significaria um aporte adicional de US\$ 10.627.944,46 ao longo de 12 anos. O que significaria aumentar em aproximadamente dez vezes o investimento próprio da concessionária.

### 3.0 -CARACTERÍSTICAS QUE PODEM CONTRIBUIR PARA ELEGIBILIDADE DO PROJETO

#### 3.1 Suprimento energético através de energia renovável

O projeto prevê o suprimento de serviços energéticos através de energia renovável e reflorestamento de áreas degradadas ou abandonadas. Porém a garantia da sustentabilidade dessa atividade deve ser assegurada por órgãos certificadores nacionais ou estrangeiros de reputação internacional.

#### 3.2 Sustentabilidade ambiental

O projeto contribui para a sustentabilidade ambiental local. Como a biodiversidade da Amazônia é um fato, pode-se avaliar os impactos indiretamente através da agressão praticada ou evitada ao meio. Como as plantações seriam instaladas em áreas degradadas ou abandonadas devido às atividades migratórias, assim como a substituição do óleo Diesel pelo Mix (Diesel e óleo vegetal), estar-se-ia recuperando áreas improdutivas e diminuindo as emissões de CO<sub>2</sub>.

#### 3.3 Contribuição líquida de empregos

O projeto irá gerar 725.131 empregos diretos, fixando o agricultor no campo e consequentemente diminuindo êxodo rural para a capital.

#### 3.4 Impactos na distribuição de renda

O projeto ainda pode proporcionar atividades agrícolas ao longo do ano (implantação de cultivos, colheita, tratamentos culturais, processamento do óleo), portanto o agricultor terá remuneração mensal, e não mais aquela instabilidade quando sobrevivia da venda de seus produtos agrícolas.

#### 3.5 Benefícios com a venda dos CERs

Os recursos captados com a venda dos CERs seriam inicialmente para o financiamento de pesquisas para domínio da tecnologia limpa para produção de eletricidade.

#### 3.6 Inovação tecnológica

A proposta é pioneira e poderá ser replicada contanto que as condições edafoclimáticas da região sejam propícias ao cultivo de oleaginosas.

### 4.0 - CONCLUSÃO

O processo para se viabilizar um projeto desse porte seja para seqüestro de carbono e/ou mitigação, requer esforços de instituições governamentais e de instituições de ensino, pesquisa e extensão, atuando em suas áreas de competência e com um objetivo geral que deve ser “impulsionar o desenvolvimento de forma sustentável da Região Amazônica Isolada”.

### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JUNQUEIRA, M. S.D. Histórico e Mercado de Créditos de Carbono. Workshop Mudança Climática. Belo Horizonte, MG, 2002. Brasil.
- (2) BILLER, D., GOLDEMBERG, J. Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima. Ministério de Ciência e Tecnologia. 1999. Brasil.
- (3) MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. Protocolo de Quioto: A Convenção sobre Mudança de Clima. MCT, disponível em [www.mct.br](http://www.mct.br).
- (4) MOTTA, R.S., FERRAZ, C., YOUNG, C.E.F., AUSTIN, D., FAETH, P. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e o Financiamento do Desenvolvimento Sustentável no Brasil. IPEA, Rio de Janeiro, RJ, 2000. Brasil.
- (5) NOVAES, E.S.N., ROVERE, E.L., OLIVEIRA, A.S., RIBEIRO, L.S. propostas de Critérios e Indicadores de Elegibilidade para Avaliação de Projetos Candidatos ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Anais. Vol. I, CBE,2002. Brasil.
- (6) CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Mercado de Carbono. CEBDS, disponível em [www.cebds.com](http://www.cebds.com).
- (7) SANTOS, E.C., SOUZA, R.C.R. Emissões de Poluentes e Seqüestro de Carbono na Geração Termelétrica no Interior do Estado do Amazonas. Anais. Vol. I, CBE,2002. Brasil.
- (8) MANNING, M., NOBRE, C.(eds) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC. 2001.