



APLICABILIDADE DO MERCADO DE CARBONO NA COGERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO

Thiago de Souza Maciel¹

Luiz Antônio Cabañas²

Resumo: A partir da revolução industrial, devido ao aumento da queima de combustíveis fósseis, pode-se observar uma elevação gradativa na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. Este fato, segundo a maioria dos cientistas, foi o responsável pelo agravamento do efeito estufa, fenômeno que permite a manutenção da temperatura da Terra, a níveis que passaram a oferecer risco a humanidade, através do aquecimento global. Diante disso, surgiu o Protocolo de Quioto, que consiste em um acordo, entre vários países do mundo, para redução das emissões de gases estufa. Para viabilizar o acordo e ajudar os países a cumprirem suas obrigações foram criados mecanismos, entre eles, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que permite que países em desenvolvimento reduzam suas emissões e gerem créditos de carbono, que podem ser comercializados com países industrializados que precisam cumprir suas metas. Com isso, surge uma oportunidade no setor sucro-alcooleiro, através da cogeração de energia elétrica através da queima do bagaço de cana-de-açúcar. Dentro deste contexto, neste trabalho busca-se mostrar o potencial de geração de energia através da cogeração, com base em uma usina do interior paulista e, qual sua participação estimada na oferta de energia para rede de distribuição, levando-se em consideração a região de Lins no estado de São Paulo. Além disso, buscou-se estimar a redução de carbono alcançado por este projeto. Com base neste estudo, foi verificado que a usina em estudo é capaz de gerar 46% de toda a energia consumida na região e reduzir a emissão de carbono em 48.222 toneladas.

Palavras-chave: Mercado de carbono, mecanismo de desenvolvimento limpo, cogeração, sucro-alcooleiro.

1. INTRODUÇÃO

O efeito estufa é o fenômeno responsável por manter a temperatura média da Terra próxima dos 15 °C, porém, a partir da revolução industrial a emissão de gases estufas elevou-se aumentando a concentração destes gases na atmosfera, tornando um fenômeno até então benéfico em um problema com conseqüências globais.

As previsões são as mais variadas e muitas delas questionáveis, pois persistem muitas polêmicas científicas e, além disso, muitos fenômenos não foram ainda totalmente compreendidos (BRAGA, 2002), porém, existe um razoável consenso de que o aquecimento global observado nos últimos 100 anos é causado pelas emissões acumuladas de GEE (Gases do efeito estufa) (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2005).

A menos que ações globais de mitigação do aumento de emissões de gases estufa sejam efetivamente implementadas nas próximas décadas, ocorrerão alterações climáticas significativamente graves, como por exemplo, um aumento das temperaturas médias globais entre 1,4 e 5,8 °C até o final do século.

¹ Engenheiro Ambiental, UNILINS.

² Mestre em Administração, Pró – reitor de pesquisa e extensão / UNILINS.

Em resposta a esse problema surgiu a Convenção do Clima com o objetivo de estabilizar a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis tais que evitem a interferência perigosa com o sistema climático (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2005).

A Convenção do Clima tem como órgão supremo a Conferência das Partes (COP), composta pelos países signatários, que se reúne anualmente para operacionalizar a Convenção (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, v.2, 2005).

Foi em uma destas reuniões que surgiu um acordo entre os países signatários da Convenção denominado Protocolo de Quioto, onde ficou estabelecido que os países industrializados deverão reduzir suas emissões de GEE 5,2%, em média, em relação às emissões de 1990, nos anos de 2008 a 2012.

O Protocolo de Quioto prevê ainda mecanismos suplementares de flexibilização para que os países industrializados atinjam suas metas de redução de emissão, por meio de três instrumentos: o comércio de emissões (CE), a implementação conjunta (IC) e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

O MDL, que evoluiu a partir de uma proposta apresentada pelos negociadores brasileiros em Quioto, destina-se a auxiliar os países em desenvolvimento a atingir o desenvolvimento sustentável e contribuir para o objetivo final da Convenção (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2005).

A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO₂ deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para redução das emissões globais (ROCHA, 2003). Assim, países industrializados que não consigam reduzir (ou não queiram) suas metas de redução podem comprar os certificados de redução de emissão (CERs – sigla em inglês) gerados por projetos nos países em desenvolvimento e utilizá-los no cumprimento de suas metas (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, v.2, 2005).

Uma das oportunidades de negócios criadas em decorrências do MDL é a cogeração de energia elétrica nas usinas sucro-alcooleiras através da utilização do bagaço de cana como fonte de calor para a conversão termelétrica. Uma avaliação subjetiva, considerando o potencial das tecnologias existentes, o perfil do setor e as diferenças tecnológicas e de capacidade entre as usinas indica um potencial realizável entre 4.000 e 5.000 MW, para 350 milhões de toneladas (Mt) por ano (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, v.2, 2005).

Com base nesta oportunidade de negócio que foi desenvolvido este estudo, considerando a questão econômica para a empresa, a contribuição deste setor na oferta de energia da região de Lins e a redução de emissão de carbono alcançada.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho realizou-se um estudo descritivo através de observação direta. Observou-se os projetos existentes em duas empresas sucro-alcooleiras, além de entrevistas com os responsáveis pela implantação do projeto de redução de emissão de carbono e com profissionais especializados neste segmento.

O tipo de pesquisa utilizado na obtenção das informações será a pesquisa bibliográfica e pesquisas de campo.

2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

As pesquisas bibliográficas foram realizadas na biblioteca da FPTE/UNILINS, que integra o sistema de empréstimo entre bibliotecas e também na Internet através de



computadores disponibilizados pela FPTE/UNILINS para os alunos que desenvolvem trabalho de conclusão de curso.

A maior parte da pesquisa bibliográfica foi realizada com materiais digitais, constituídos de teses e dissertações e, principalmente, de guias e manuais de implantação de projetos do MDL, além de diversos sites governamentais sobre o assunto.

Além disso, uma fonte relevante e confiável no estudo consistiu nas resoluções, normas e procedimentos oficiais a respeito do assunto.

2.2. PESQUISA DE CAMPO

As pesquisas de campo foram realizadas em indústrias sucro-alcooleiras da região que estão implantando projetos do MDL.

Contudo, das duas usinas visitadas, apenas uma foi escolhida para o desenvolvimento do estudo, pois, devido à semelhança dos projetos, o estudo dos dois casos se tornaria redundante.

Na usina escolhida foi acompanhado o desenvolvimento do projeto até a etapa da auditoria para o registro do projeto junto ao Conselho Executivo do MDL.

Os dados obtidos nesta usina consistem nos estudos de viabilidade econômica da implantação de projetos de cogeração e no Documento de Concepção de Projeto de MDL da usina.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Viabilidade econômica

Através dos dados obtidos nas pesquisas bibliográficas e de campo foram realizadas projeções e estimativas dos reflexos que este projeto poderá ter para a empresa do ponto de vista econômico e que torne viável sua implantação, tendo em vista, a contribuição da receita alcançada pela venda dos créditos de carbono no cálculo da viabilidade do projeto.

Isto foi possível, comparando-se um quadro do projeto de cogeração sem a receita dos créditos de carbono e outro quadro considerando este adicional.

2.3.2. Oferta de energia a rede de distribuição

Através de dados obtidos junto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), UDOP (União das Destilarias do Oeste Paulista), do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e da Usina pesquisada foram realizadas projeções e estimativas dos reflexos que este projeto poderá ter na disponibilidade de energia à rede de distribuição, tomando como cenário de referência o consumo de energia da região de Lins, obtido com base nas estimativas de consumo per capita de energia da região.

A produção de energia pela usina foi calculada através das estimativas da produção de energia por tonelada de cana-de-açúcar, sendo que, este dado foi fornecido pela usina pesquisada.

2.3.3. Cálculo da redução de emissão de carbono

A redução de emissão calculada foi baseada na estimativa da produção de energia da usina pesquisada, encontrada conforme descreve o item anterior.

Devido à complexidade do cálculo do fator de emissão de CO₂ na rede, que geralmente são realizados por empresas especializadas, para este estudo foi utilizado o valor já calculado no Documento de Concepção de Projeto desta usina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. VIABILIDADE ECONÔMICA COM BASE NA VENDA DE CRÉDITOS DE CARBONO.

Os resultados apresentados e discutidos a seguir, foram fornecidos pela usina pesquisada e alcançados através de estimativas da viabilidade de implantação da cogeração com a venda de energia elétrica, considerando um período de 10 anos para o projeto.

Para implantação do sistema de geração de energia com a tecnologia do ciclo de Rankine, a usina pesquisada investiu R\$ 46.426.670,00 em um sistema composto por um turbo gerador do tipo condensador, um turbo gerador de contrapressão e duas caldeiras de 65 bar.

Este sistema implantado, juntamente com um turbo gerador de contrapressão, que foi mantido do sistema anterior, permitiu a usina um aumento em sua capacidade de geração de força instalada de 8 MW para 60 MW.

Com isso, estima-se que o sistema será capaz de gerar, durante o período de 10 anos, cerca de 1.278.184 MW/h de energia elétrica para exportação, gerando uma receita bruta de R\$ 140.215.548,00.

Reduzindo-se nesta receita as deduções, os custos de despesas (Físicas e financeiras), a depreciação e os impostos, acredita-se ser possível a obtenção de R\$ 47.579.885,00 de lucro líquido durante o período do projeto.

Segundo o estudo de viabilidade deste projeto, a Taxa Interna de Retorno (TIR), será de aproximadamente 16,74%, o que indica que o retorno do investimento poderá ser alcançado em 6 anos de operação.

Na Tabela 1, a seguir, pode-se observar os valores descritos acima com o estudo de viabilidade do projeto com a venda da energia elétrica excedente.

Tabela 1 – Resumo do cálculo da viabilidade do projeto

Total de energia exportada	MW/h	1.278.184
Receita Bruta da venda	R\$	R\$ 140.215.548,00
Deduções, custos, despesas, depreciação e outros	R\$	R\$ 92.635.664,00
Lucro Líquido	R\$	R\$ 47.579.884,00

Dentro deste contexto, o crédito de carbono, surge como mais um produto criado com a implantação do sistema de cogeração, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, possibilitando uma complementação da receita do projeto.

O adicional da venda dos créditos de carbono corresponde a R\$ 8.629.672,00 ocasionando um aumento da receita da empresa com a cogeração para R\$ 148.845.220,00 com relação ao estudo inicial, ou seja, um acréscimo aproximado de 5,80% no faturamento.

Conseqüentemente, o lucro líquido da empresa cresce em 10,34% aproximadamente, passando de R\$ 47.579.884,00 no estudo inicial para R\$ 53.066.207,00 com a venda dos créditos de carbono.

Com isso, a Taxa Interna de Retorno (TIR), que era de aproximadamente 16,74% passa a ser de 18,61%, o que reduz o retorno do investimento de 6 anos para aproximadamente 5 anos e 4 meses.

O resumo do estudo descrito acima pode ser visto na Tabela 2 considerando a venda de créditos de carbono.

Tabela 2 – Resumo do estudo de viabilidade considerando a venda de créditos de carbono.

Total de energia exportada	MW/h	1.278.184
Créditos de carbono	R\$	8.629.672,00
Receita Bruta da venda	R\$	148.845.220,00
Deduções, custos, despesas, depreciação e outros	R\$	95.779.013,00
Lucro Líquido	R\$	53.066.207,00

3.2. CONTRIBUIÇÃO DA COGERAÇÃO À OFERTA DE ENERGIA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO.

Para o cálculo da capacidade de geração de energia da usina pesquisada, utilizou-se da estimativa da geração de energia por tonelada de cana-de-açúcar produzida. No caso em questão, segundo dados fornecidos pela própria usina, a capacidade de geração de energia por tonelada de cana foi de 58 KW/h de energia por tonelada, considerando uma safra de 210 dias.

Segundo a UDOP (União das destilarias do oeste paulista), a usina pesquisada produziu 3.105.776 toneladas de cana-de-açúcar na safra 2004/2005.

Com base nestes números, estima-se que a capacidade de geração anual da usina seja de aproximadamente 180.135.008 KW/h de energia elétrica exportada à rede nacional, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo da capacidade de produção de energia da usina pesquisada.

Produção de cana	ton.	3.105.776
Capacidade de produção de energia	kw/ton.	58
Total de produção	kw/h	180.135.008

Fonte: UDOP (2006) e Usina pesquisada

O estado de São Paulo apresenta uma população de 37.032.403 habitantes, que consomem 87.847.000.000 KW/h, o que representa um consumo per capita 2.372 KW/h por habitante (ANEEL,2004).

Com base neste valor per capita, estima-se que a região de Lins com 163.719 habitantes, tenha um consumo aproximado de 388.341.468 KW/h de energia elétrica para abastecimento anualmente.

Sendo assim, a usina pesquisada com sua produção de energia de 180.135.008 KW/h de energia elétrica corresponde a aproximadamente 46,4% da energia consumida na região. A Tabela 4 apresenta o cálculo da porcentagem de energia gerada pela usina com base na necessidade da região.

Tabela 4 - Porcentagem da oferta de energia produzida na usina no cenário regional.

	KW/h	%
Total consumido na região	388.341.468	100
Total produzido pela usina	180.135.008	46,4

3.3. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CARBONO

O cálculo da redução de emissão estimada para o projeto foi feito com base no fator de emissão de CO₂ à rede. O valor deste fator foi alcançado através da metodologia AM0015 (*Bagasse-based cogeneration connected to an electricity grid*), aprovada pelo Conselho Executivo para aplicação no projeto.

Esta metodologia é aplicável a este projeto devido aos seguintes fatores: (i) o bagaço é produzido e consumido no mesmo local; (ii) o projeto nunca seria implantado pelo poder público, assim como também não seria implantado na ausência do MDL; (iii) não há aumento na produção de bagaço devido ao projeto e (iv) não haverá armazenamento de bagaço por mais de um ano (Documento de Concepção de Projeto, 2005).

Diante disto, o fator de emissão de CO₂ a rede foi obtido no Documento de Concepção de Projeto, onde já havia sido calculado pela empresa Econergy, que é especializada em projetos de MDL. Segundo estes cálculos, o valor do fator de emissão de CO₂ à rede é de 0,2677 para este projeto.

O cálculo da redução estimada de carbono na atmosfera, segundo esta metodologia, é realizado com base no total de energia produzida pelo sistema de cogeração e oferecido à rede nacional de distribuição.

Isto é possível, através do produto da energia produzida, em MW/h, pelo fator de emissão de CO₂ na rede. Sendo assim, considerando a produção de aproximadamente 180.135 MW/h de energia elétrica na usina pesquisada, calculada no item anterior, obtém-se uma redução de emissão de CO₂ na atmosfera de 48.222 toneladas.

Na Tabela 5, a seguir, pode-se observar o cálculo realizado na obtenção da redução de emissão descrito acima.

Tabela 5 – Cálculo da redução de emissão de carbono

Quantidade de energia produzida	MW/h	180.135
Fator de conversão de emissão	--	0,2677



Total de redução de emissão	ton. de CO ₂	48.222
-----------------------------	-------------------------	--------

4. CONCLUSÃO

Constatou-se durante o estudo que o projeto de cogeração em questão, sobre o ponto de vista da venda de energia elétrica, torna-se bastante viável e atrativo para os investidores do setor sucro-alcooleiro.

Contudo, a venda de créditos de carbono, apesar de apresentar um valor bastante atrativo para os investidores, mostrou-se pouco significativa com base na receita bruta alcançada pelo projeto.

Isso mostra que o interesse maior dos investidores em projetos do MDL, consiste em obter um adicional, que ofereça uma garantia do investimento, diante das várias barreiras institucionais e políticas, tecnológicas, econômicas e culturais existentes neste tipo de projeto.

Além disso, muitos destes projetos são desenvolvidos por multinacionais e empresas de capital estrangeiro, que utilizam os créditos de carbono gerados para cumprir suas obrigações impostas pelo Protocolo de Quioto nos seus países de origem.

Observando a contribuição do sistema de cogeração na oferta de energia a rede de distribuição, pode-se evidenciar a importância deste tipo de projeto, através das projeções realizadas no cenário regional.

Verificou-se o grande percentual de energia elétrica disponibilizada em relação à demanda da região, demonstrando que este tipo de projeto não deve ser ignorado no momento da realização dos planos nacionais de expansão da rede.

Este fato torna-se mais relevante quando se considera a quantidade de cana-de-açúcar produzida no Brasil e o momento promissor que o setor esta passando através da ampliação de suas unidades produtivas, o que pode aumentar ainda mais o potencial do setor em oferecer energia elétrica para rede nacional de distribuição.

Ainda, destaca-se a participação e importância deste tipo de projeto na melhoria da qualidade ambiental global, através da redução de emissão de carbono na atmosfera.

Como foi mostrado, este projeto apresenta um grande potencial de redução de emissão de CO₂, grande vilão do aquecimento global, contribuindo, portanto, com a estabilização dos níveis de gases estufa na atmosfera e conseqüentemente com a participação na luta contra os efeitos das mudanças climáticas.

De modo geral, pode-se dizer, que este tipo de projeto de MDL, não apresenta benefícios apenas à empresa investidora, mas também, a sociedade, através da oferta de energia elétrica e ao meio ambiente, reduzindo as emissões de gases, sendo, portanto, um instrumento eficaz para auxiliar o desenvolvimento econômico sustentável dos países em desenvolvimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 30/09/2006.

Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudanças Climáticas**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, nº 3, fev.2005.



Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudanças Climáticas**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, nº 4, abr.2005.

BRAGA, B. et. al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30/09/2006.

ROCHA, T. M. **Aquecimento global e o mercado de carbono**: uma aplicação do modelo CERT. 2003. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/tese_marcelo.pdf>. Acesso em: 09/03/2006.

UDOP. **Usinas e Destilarias do Oeste Paulista**. Disponível em: <www.udop.com.br>. Acesso em: 30/09/2006.