**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP-FEA-IEE-IF**

RENATO MARIANO BARBOSA

**CONTRIBUIÇÃO DO MERCADO DE CARBONO PARA A
VIABILIDADE DE PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
TÉRMICA E DE TROCA DE COMBUSTÍVEIS EM CERVEJARIAS**

**SÃO PAULO
2010**

RENATO MARIANO BARBOSA

CONTRIBUIÇÃO DO MERCADO DE CARBONO PARA A VIABILIDADE DE
PROJETOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA TÉRMICA E DE TROCA DE
COMBUSTÍVEIS EM CERVEJARIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Escola Politécnica / Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade / Instituto de Eletrotécnica e Energia / Instituto de Física) para a obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração Energia.

Orientador: Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni.

SÃO PAULO
2010

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL
DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA
A FONTE.**

Barbosa, Renato Mariano

Contribuição do mercado de carbono para a viabilidade de projetos de eficiência energética térmica e de troca de combustíveis em cervejarias/ Renato Mariano Barbosa; orientador José Aquiles Baesso Grimoni. – São Paulo, 2010.

121 f.: il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1.Energia de biomassa 2.Fontes alternativas de energia
3.Energia – eficiência. 4. Mercado de carbono I.Título.

SUMÁRIO

1. Introdução	12
1.1. Justificativa	14
1.2. Objetivo Geral	16
1.3. Hipóteses	17
1.4. Objetivos Específicos	18
1.5. Síntese dos Procedimentos Metodológicos	19
1.5.1. Tipologia de Pesquisa	19
1.5.2. Método da Pesquisa de Campo de Projetos de Créditos de Carbono	20
1.5.3. O Método do Estudo de Caso	22
1.5.4. Delimitação do Universo da Pesquisa	23
2. O Dilema da Energia no Século XXI	24
2.1. A Vulnerabilidade Energética Mundial	26
2.2. A Segurança Energética Permeada pelas Incertezas no Século XXI	29
2.3. A Matriz Energética Brasileira	34
2.4. A Demanda Energética e a Questão Ambiental	38
3. Gestão de projetos e Sustentabilidade Empresarial	41
4. Políticas para Fontes Alternativas de Energia e Eficiência Energética	45
4.1. Projetos sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	46
4.2. Os Projetos de Créditos de Carbono	51
4.2.1. O Mercado de Carbono	52
4.2.2. Riscos associados a projetos de créditos de carbono para eficiência energética e troca de combustíveis	56
4.3. O MDL Internalizando Externalidades Ambientais	57
4.4. Conclusão	58
5. A Indústria Cervejeira no Brasil e no Mundo	60
6. Estado da arte em Eficiência Energética Térmica e Troca de Combustíveis	65
6.1. Sistema de Estocagem de Calor e Recompressão de Vapor	71
6.2. Recuperação de CH ₄ em sistemas de tratamento de efluentes e substituição de fontes fósseis	74
7. Estudo de caso	79
7.1. Apresentação do Caso	79

7.2. O Sistema de Recompressão de Vapor.....	83
7.3. Sistema bomba de calor para pasteurizadores	83
7.4. Geração de de Metano e Geração de Energia Elétrica	84
7.5. Análise Econômico-Financeira dos Projetos	86
7.5.1. Potencial de Créditos de Carbono de Cervejarias – Linha de Base e Reduções de Emissões.....	93
7.5.2. Análise de resultados da cenarização	100
8. Conclusões.....	107
9. Possibilidades Futuras	112
10. Referências Bibliográficas.....	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DEMANDA POR ENERGIA PRIMÁRIA: 1970-2030.....	28
FIGURA 2. DEMANDA POR CARVÃO ENTRE 1995 E 2005	29
FIGURA 3. CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA ENTRE 1980 E 2030.....	30
FIGURA 4. CONSUMO DE ENERGIA EM PAÍSES DA OECD E EM DESENVOLVIMENTO	31
FIGURA 5. VARIAÇÃO DA OFERTA GLOBAL DE PETRÓLEO ENTRE 2004 E 2030	32
FIGURA 6. ESTRUTURAS DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA	35
FIGURA 7. OFERTA INTERNA DE ENERGIA DO BRASIL EM 2006.....	36
FIGURA 8. EMISSÕES DE CO ₂ EM 2008	37
FIGURA 9. MATRIZ DE OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA EM 2008	38
FIGURA 10. EMISSÕES DE CO ₂ DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS ENTRE 1990-2030	39
FIGURA 11. EMISSÕES DE CO ₂ POR REGIÃO EM 2008.....	39
FIGURA 12. AS TRÊS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE.....	44
FIGURA 13. REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE E POLÍTICAS ALTERNATIVAS.....	45
FIGURA 14. CICLO DO PROJETO DE CRÉDITOS DE CARBONO NO ÂMBITO DO MDL	50
FIGURA 15. FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DA CERVEJA	61
FIGURA 16. INTENSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA EM CERVEJARIAS DE PAÍSES SELECIONADOS	62
FIGURA 17. INTENSIDADE ENERGÉTICA TÍPICA PARA CERVEJARIAS ALEMÃS.....	63
FIGURA 18. CONSUMO PERCAPTA MUNDIAL DE ENERGIA POR PAÍSES SELECIONADOS EM 2008.....	66
FIGURA 19. CONSUMO DE ENERGIA EM CERVEJARIAS POR PROCESSO: A) ENERGIA TOTAL REQUERIDA E B) DEMANDA POR ELETRICIDADE.....	70
FIGURA 20. ESQUEMA DO ONDENSADOR DE VAPOR ACOPLADO (PRESSURELESS) AO SISTEMA DE ESTOCAGEM DE ENERGIA E AQUECIMENTO DE MOSTO,.....	72
FIGURA 21. FERVURA DE MOSTO POR (A) VAPOR DE COMPRESSÃO MECÂNICO E (B) TÉRMICO.....	73
FIGURA 22. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO ANAERÓBIA.	75
FIGURA 23. PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA TÉRMICA NO PROCESSO PRODUTIVO	80
FIGURA 24. ESQUEMA PROPOSTO PARA RECOMPRESSÃO DE VAPOR.....	81
FIGURA 25. ESQUEMA DA BOMBA DE CALOR PARA CERVEJARIAS	82
FIGURA 26. ESQUEMA DO PROJETO DE USO DE BIOGÁS E BIOMASSA EM CALDEIRAS	82
FIGURA 27. GRADIENTES DE TEMPERATURA DA CERVEJA E DO VAPOR EM BATELADAS DE PASTEURIZAÇÃO.....	84
FIGURA 28. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM GERAÇÃO E CAPTAÇÃO DE BIOGÁS PARA FINS ENERGÉTICOS	85
FIGURA 29. TIR VARIANDO COM PREÇO DAS RCE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	105

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CONCEITOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISAS.....	19
TABELA 3. BENEFÍCIOS DA GESTÃO DE PROJETOS	43
TABELA 4. MACROETAPAS DO PROJETO MDL	51
TABELA 5. CONSUMO PER CAPITA DE CERVEJA EM 2008	60
TABELA 6. DEMANDA ENERGÉTICA E POTENCIAL DE USO DE BIOGÁS E BIOMASSA	92
TABELA 7. CRÉDITOS DE CARBONO DE TROCA DE COMBUSTÍVEIS E USO DE BIOGÁS EM CALDEIRA	96
TABELA 8. CRÉDITOS DE CARBONO DE TROCA DE COMBUSTÍVEIS E USO DE BIOGÁS EM CALDEIRA	96
TABELA 9. RESUMO DE RCES PARA AS PLANTAS A E B	97
TABELA 10. INVESTIMENTOS POR PLANTA E POR SETOR	98
TABELA 11. CONSUMOS DE ENERGIAS TÉRMICA E ELÉTRICA POR PLANTA	98
TABELA 12. RECEITAS POR REDUÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE COM BIOGÁS	99
TABELA 13. POTENCIAIS DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE VAPOR E DE RECEITAS	101
TABELA 14. VPL PARA OS CENÁRIOS PROPOSTOS.....	102
TABELA 15. VARIAÇÃO DA TIR EM FUNÇÃO DOS VALORES DO MWH E DO POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	102
TABELA 16. PAYBACKS TÍPICOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA TÉRMICA.....	106

LISTA DE SIGLAS

AAU Assigned Amount Units	ETE Estação de Tratamento de Efluentes
AND Autoridade Nacional Designada	GEE Gases do Efeito Estufa
BEN Balanço Energético Nacional	GW GigaWatts
BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social	HL Hectolitro
BPF Boas Práticas de Fabricação	IC Implementação Conjunta
BTU British Thermal Unit	IEA International Energy Agency
CCX Chicago Climate Exchange	IPCC International Panel on Climate Change
CDM Clean Development Mechanism	LAIR Lucro Antes do Imposto de Renda
CE Comércio de Emissões	MCT Ministério de Ciência e Tecnologia
CEC California Energy Commission	MDL Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
CENBIO Centro Nacional Referência em Biomassa	MME Ministério de Minas e Energia
CER Certified Emission Reductions	NAE Núcleo de Assuntos Estratégicos
CETESB Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo	NSW GGAS Australia's New South Wales Greenhouse Gas Abatement Scheme
CIMGC Comissão Interministerial para Mudanças Globais do Clima	OECD Organisation for Economic Co-operation and Development
COFINS A Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social	OIT Office of Industrial Technologies
COP Conference of Parts	ONU Organização das Nações Unidas
CQNUMC Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas	OPEP Organização dos Países Exportadores de Petróleo
CRES ou RCE Certificados de Redução de Emissões	PDD Project Design Document
DBO Demanda Biológica de Oxigênio	PIS/PASEP Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
DOC Department of Commerce	PMBOK Project Management Body of Knowledge
DOE Department of Energy	RCEs Reduções Certificadas de Emissões
DQO Demanda Química de Oxigênio	SS Sólidos Suspensão
DRE Demonstrativo do Resultado do Exercício	SST Sólidos Solúveis Totais
EIA Energy Information Administration	SSV Sólidos Solúveis
EOD Entidade Operacional Designada	t-CER temporary CER
ERU Emission Reductions Units	tCO₂e Toneladas equivalentes de dióxido de carbono
ET Emission Trading	TDH Tempo de detenção/retenção hidráulico

TIR Taxa Interna de Retorno

TJLP Taxa de Juros de Longo Prazo

TWh Terawatts-hora

UASB Upflow anaerobic sludge blanket

UK ETS United Kingdom Emission Trading Scheme

UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Changes

VPL Valor presente líquido

VRC Compressor de Vapor

AGRADECIMENTOS

Apesar de ser extensa a lista, gostaria de agradecer especialmente a algumas pessoas que sempre contribuíram para meu sucesso como pessoa e como profissional:

Aos meus pais João Barbosa e Sebastiana Gomes pela paciência, apoio e dedicação a mim sempre dispensados;

À minha amada, Andrea Gesseff, pelas palavras de incentivo, pelo carinho e encorajamento nas horas mais difíceis do início desta caminhada acadêmica até o presente momento;

Ao Prof. Dr Aquiles Grimoni, meu orientador pela dedicação, disposição, cooperação e compreensão. Pessoa atenciosa e solícita, tendo sempre contribuído com suas observações e seu profissionalismo ao longo deste trabalho de pesquisa;

Ao Prof. Dr Roberto Hukai, pelas palavras preciosas, pela sabedoria e paciência, com o que contribuiu em muito para a maturidade deste trabalho;

À professora Patrícia Matai, pela amizade e dedicação, que somadas à experiência dos mestres, ajudou a nortear as idéias contidas nesta dissertação, com suas sempre pertinentes observações;

A alguns professores especiais com quem caminhei nos últimos anos, os quais sempre me incentivaram. São eles os Dr Ernane Costa, Dra Mariza P. de Melo, Dra Eliana S. Kamimura, Dr Sérgio Antunes e Dr Rogério Lacaz.

Ao grande amigo e mestre Walter Fachinetti, que de professor nas aulas de francês ainda na graduação, passou a ser mais que um companheiro, mas um grande amigo, por quem tenho muito respeito.

Ao corpo de engenheiros e especialistas em meio ambiente da KF Cervejaria pelas informações prestadas quando das visitas e das entrevistas;

Ao amigo e companheiro que fiz no PPGE, engenheiro eletricista Sérgio Bezerra;

E enfim, a todos os funcionários da USP, os quais têm relação direta e indireta com o resultado aqui apresentado. Meus agradecimentos especiais à equipe da biblioteca do Instituto de Eletrotécnica e Energia aos funcionários e professores do Depto de Engenharia Química da Escola Politécnica, pela oportunidade de convivência e aprendizados ímpares desde a graduação.

RESUMO

BARBOSA, Renato Mariano . **Contribuição dos créditos de carbono para a viabilidade de projetos de eficiência energética térmica e de troca de combustíveis em cervejarias.**2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Atualmente é de complexa equalização o problema advindo da elevação da demanda energética e das ações antrópicas que corroboram para o aquecimento global e, neste sentido, apesar de o Brasil ser abundante em hidroeletricidade, há ainda um grande espaço para o uso de outras fontes renováveis de energia, como a biomassa residual. Na indústria, projetos de adoção de novos e eficientes processos para a redução da carga térmica, bem como o uso de biomassa e de biogás das estações de tratamentos de efluentes podem ser um diferencial no conjunto de soluções para o dilema energético-ambiental, uma vez vão ao encontro dos objetivos das políticas energéticas globais em vigência, as quais pregam a segurança e sustentabilidade.

Porém, verifica-se que tais medidas ainda têm sido desprezadas por muitas empresas, pois os investimentos são ainda muito elevados, ressaltando-se ainda que, talvez por não se entender como esses projetos podem internalizar as externalidades positivas que os acompanham, essas empresas seguem alheias aos benefícios socioambientais e econômicos advindos dos créditos de carbono, que podem compensar os altos investimentos realizados em racionalização energética.

Desta maneira, essa dissertação analisa a viabilidade econômica da implantação de projetos de substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável para geração de vapor de processos; de uso de biogás de ETEs para geração de eletricidade e de implementação de tecnologias para a redução do consumo de vapor industrial, com foco em cervejarias, considerando-se nas análises econômico-financeiras os créditos de carbono recebidos pelas reduções de emissões de gases de efeito estufa.

Pelas análises de cenários, verificou-se que quando as medidas de eficiência energética reduzirem pelo menos 5% da demanda energética, com um custo de energia de pelo menos R\$ 187,50/MWh, bem como reduções de consumo de energia acima de 10%, com custo energético mínimo de R\$ 122,50/MWh, e preço de das RCE acima de €5,00, os projetos mencionados são viáveis, e as receitas dos créditos podem internalizar as externalidades positivas desses projetos, compensando os investimentos.

Palavras-chave: demanda e oferta energética; aquecimento global, créditos de carbono, troca de combustíveis, biomassa, biogás, eficiência energética térmica, cervejarias

ABSTRACT

BARBOSA, Renato Mariano. **Contribution of carbon credits to the viability of energy efficiency and fuel switch projects in breweries.** 2010. 120 f. Master's Dissertation - Graduate Program on Energy, Universidade de São Paulo, 2010.

Nowadays it's quite complex to solve the problem between energy demand growth and the human activities, which have negative, widespread effects on the global climate. In this sense, apart from the fact that Brazil adopts massively the hydropower, there is a large potential for the use of renewable energy sources, as biomass. In process industries, technologies for reducing thermal energy consumption associated with the use of the sustainable biomass and biogas from wastewater treatment systems can be one among other solutions for equalizing the energy-environment dilemma, also targeting the prerogatives of the current global policies on safety and sustainable energy supply.

Anyway, such measures have still been left aside by many industries, because it's still not properly understood regarding the way these projects can internalize their positive externalities, some enterprises keep distant from the social, economic and environmental benefits that carbon credit projects can bring up to help them in succeeding and rationalizing energy consumption.

This dissertation evaluates and assesses the economic viability of projects of fuel switch (from fossil fuels to renewable biomass); use of biogas from industrial wastewater treatment systems and also the implementation of technologies and processes for reducing steam consumption, focusing on breweries. By means of economic scenarios, it's shown that the revenues from carbon credits can significantly have positive impacts, while financial incentives, on the decision making process towards the carrying and dissemination of such projects. As demonstrated in this work, the RCE, if required in the scenarios analysed, can bring the cash flows within brewery IRR expectations.

Hence, the model showed that when measures of energy efficiency achieve at least 5,0% with the price of energy saved is of at least R\$187,50/MWh, and for measures above 10% and energy is bought at prices higher than R\$ 122,50/MWh, all projects with CER prices above € 5,00 viable, and can be conducted. Also, the revenues from carbon credits can make industries wake up for the fact that they can internalize the positive externalities of these projects, once the high investments can be compensated by their carbon offsets.

Keywords: energy supply and demand; global warming; carbon credits; Fuel switch from fossil to renewable biomass; biogas, thermal energy efficiency; breweries.

1. Introdução

Segundo SHAPIRO (2007), os baixos níveis de eficiência energética dos países em desenvolvimento são atualmente uma barreira aos esforços de mitigação das alterações climáticas. Promover medidas e implantar projetos neste sentido podem fazer com que o que hoje é uma ameaça seja uma oportunidade, com possibilidade de ganhos no processo de desenvolvimento humano.

Por sua vez os países desenvolvidos, seja por compromissos com o Protocolo de Kyoto, seja pela elevação nos preços do petróleo ou mesmo pela pressão social pela adoção de um novo modelo energético que minimize os conflitos regionais e o aquecimento global, vêm cada vez mais propondo políticas de substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis, bem como instituindo medidas para promoção de eficiência energética nos meios de produção e mesmo em residências (GAYE et al, 2007).

No setor industrial, por exemplo, últimos anos verificam-se várias iniciativas neste sentido, com especial atenção à remodelação de processos e ao uso de combustíveis renováveis e alternativos, enquanto fontes limpas de energia, em substituição às de alta emissão de gases de efeito estufa, dentre outros poluentes nocivos à saúde humana e ao meio ambiente (ACEEE, 2008)

Acompanhando essas rápidas mudanças do atual cenário energético mundial, o Brasil tem cada vez um papel de destaque, sendo até mesmo um líder em alguns desses processos, como no caso da produção do etanol de cana-de-açúcar e no aproveitamento dos resíduos e efluentes dos processos produtivos para a geração de energia limpa e renovável.

Contudo, segundo D'haeseleer e Haeseldonckx (2008), essa nova visão da sociedade, perante a nova “economia verde” mundial, demanda novos conceitos e novas abordagens dos problemas a serem resolvidos pelos gestores de projetos nas mais variadas organizações, sugerindo seu papel evolutivo, no sentido de que possam ter sucesso ao lidar com os desafios práticos relacionados ao meio-ambiente e às formas de apropriação dos recursos naturais de maneira sustentável.

Isso ocorre no processo de escolha das fontes energéticas em cada processo, porém, ainda que estas sejam renováveis, se a base produtiva dos insumos dessa energia for de baixo potencial de variabilidade, poderá haver a institucionalização de centralização de processos e tecnologia, ou mesmo o estabelecimento de monoculturas. Segundo KRÜGER (2008), esses fatos podem elevar a concentração de terras e de riquezas em detrimento da distribuição de renda e da preservação da biodiversidade, levando à contaminação do ar, do solo e das águas, além de promover ainda hoje o êxodo rural.

Desta forma, no sentido de se reduzirem esses impactos ao meio ambiente e à sociedade como um todo, devem ser feitos investimentos em projetos de eficiência energética industrial, com remodelação de processos e com aproveitamento de resíduos e efluentes que possam ser usados como fonte alternativa de energia no processo produtivo, estabelecendo-se uma via alternativa para garantir a sustentabilidade de empresas e contribuir para a mitigação dos gases de efeito estufa e do lançamento de outros poluentes na atmosfera e em cursos d'água (D'HAESELEER E HAESLONCKX, 2008).

Mas de acordo com KERZNER (2008), ao se depararem com algumas barreiras, os gestores de projetos temem pela interrupção sem sucesso desses projetos e no sentido de avaliar e mitigar os diversos riscos que possam reduzir seus fluxos de caixa futuros, uma análise pormenorizada, conduzida de modo sistematizado e pragmático, calcado na gestão profissional em projetos (PMBOK, 2009), pode levar tais empreendimentos ao sucesso, contribuindo para uma produção mais limpa no Brasil.

Neste contexto, surgem os projetos de créditos de carbono, sob escopo do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) da Organização das Nações Unidas (ONU), os quais podem vir a ser um forte incentivo e fator de geração de receitas e de internalização das externalidades positivas das ações de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE; PINHO, 2008).

1.1. Justificativa

O setor industrial representa a maior fração dentre os consumidores de energia no Brasil, o que demanda alto custo não só para a indústria, mas também a toda sociedade, devido aos impactos sócio-ambientais originados da geração e distribuição dessa energia.

Adicionalmente, sabe-se que a maioria dos recursos altamente energéticos são não-renováveis, exigindo, portanto, o uso sustentável e racional de recursos e a adoção de processos menos onerosos, que possam promover eficiência energética, seja pela adoção de programas governamentais, seja por iniciativa das empresas, que buscam tornar-se mais competitivas no mercado cada vez mais exigente.

O Governo Federal, atento a essas questões, para promover o crescimento da oferta de eletricidade no curto prazo, implementou uma série de medidas para alavancar as atividades sócio-econômicas brasileiras, destinou, via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), R\$ 250 milhões para o programa de apoio financeiro e de investimentos prioritários no setor elétrico, financiando, por exemplo, projetos destinados à co-geração pela queima do bagaço de cana.

Esse programa, para atender plantas geradoras, financia até 80% do valor que deveria ser aplicado na reestruturação das empresas, que deveriam pagá-lo em prazo máximo de dez anos, com amortização das parcelas nos meses de safra da cana. No mês de agosto do ano de 2001 o BNDES, a Companhia Energética Santa Elisa de Sertãozinho, a usina Cerradinho de Catanduva e a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), assinaram o primeiro contrato para financiamento de projeto de geração de eletricidade, que seria comprada pela CPFL (SPE, 2007).

Em 2005, dentre as quatro maiores concessionárias de eletricidade paulistas, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), que atende uma das regiões mais industrializadas do Brasil, estabeleceu contratos de compra de excedentes de energia com nove usinas, adquirindo 200 MW, que foram distribuídos a quase 700.000 famílias. Isso seria uma cidade de 2,5 Mi de moradores no período da safra.

Essa parceria com o setor sucro-alcooleiro vem, então, a destacar que o fornecimento de eletricidade de um setor econômico a outro pode ser uma alternativa viável para diminuir os solavancos advindos de um possível racionamento futuro e garantir a continuidade do crescimento da produtividade brasileira, conforme destacado pela Secretaria de Política Econômica do Ministério da Fazenda, em relatório sobre os efeitos do racionamento de energia sobre a oferta agregada (SPE, 2007).

Assim, é certo que a gestão dessas demandas corrobora com o planejamento integrado de recursos energéticos, em que tomam lugar de destaque as indústrias de alimentos e bebidas, de cítrus e de transformação da soja, que apresentam grande potencial de uso do bagaço de cana como fonte de energia em seus processos, dado que se localizam nas proximidades das usinas de açúcar e álcool.

Segundo CAFFAL (2005), para atender a essa crescente demanda energética, seria necessário empregar um maior volume de bagaço na co-geração, o que elevaria a produção de cana. Porém, diante das atuais críticas à expansão da cana-de-açúcar, outros processos de redução do consumo de energia também têm ganhado destaque.

Este é o caso de sistemas energeticamente mais eficientes, o que se consegue pela remodelação de processos, com a recompressão de vapor e elevação da temperatura do mesmo, ou ainda pelo aproveitamento de resíduos e efluentes ricos em matéria orgânica biodegradável para a geração, captura e uso energético do gás metano (CH_4) em plantas de tratamento microbiológico anaeróbio.

Cita-se ainda uma quarta opção, que é a adoção de caldeiras de maior eficiência, as quais operam com pressões acima de 60 kgf/cm^2 . Estudos de combustão nesses equipamentos revelam que a adoção de caldeiras de maior eficiência, por si só, poderia reduzir em torno de 12% o consumo de energia na planta, o que é significativo em termos dos custos dos combustíveis ao longo de um ano. Esses custos representam em média 1,1% do custo anual total com energia em uma cervejaria. Ademais, poder-se-ia reduzir concomitantemente as emissões anuais de dióxido de carbônico (CO_2) (AKINBAMI et al, 2007).

Neste contexto, é de extrema importância uma análise de projetos e processos, com enfoque na gestão do potencial de geração de créditos de carbono, entendendo as

questões que podem afetar positiva ou negativamente os projetos, ajudando na tomada de decisão dos gestores durante as etapas de concepção e implementação desses projetos, contribuindo para minimizar as perdas de energia, preservar os recursos naturais e promover maior qualidade de vida a toda à sociedade Caffal (2005).

1.2. Objetivo Geral

Esta pesquisa permeia os projetos de geração de créditos de carbono, em que se avalia a viabilidade da implementação de medidas de eficiência energética no setor industrial de cervejas, porém, ressalta-se que tais projetos aplicam-se a uma variada gama de indústrias, como as de alimentos, cosméticos, químicas, petroquímicas, açúcar e álcool, dentre outras.

Este estudo passa pelas diversas etapas dos projetos, abordando os estudos preliminares à sua implementação, a operação e manutenção dos sistemas e a comercialização dos créditos de carbono, o que pode se dar por meio de agentes externos atuantes nestes mercados, como bancos, ou ainda pela própria empresa detentora dos certificados de emissões reduzidas (CER).

O objetivo geral dessa dissertação é apresentar um modelo sustentável de projetos de redução de consumo de energia, sob escopo do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) para obtenção de créditos de carbono, tanto sob o modelo do protocolo de Kyoto quanto sob padrões voluntários.

Tais projetos baseiam-se em medidas de eficiência energética e de troca de combustíveis de fontes fósseis por fontes renováveis, os quais se inserem no modelo de geração distribuída de energia, contribuindo para a diversificação e perenidade da matriz energética nacional.

Dessa forma, são conduzidas análises quantitativas e qualitativas dos riscos e oportunidades que tais projetos apresentam, especialmente no que diz respeito à implementação de medidas de eficiência energética visando à otimização do uso de vapor de processo, uma vez que tais medidas venham gerar redução de despesas, além

de serem um diferencial de sustentabilidade junto ao setor agroindustrial nacional e à sociedade como um todo.

Busca-se ainda levantar os principais fatores de riscos envolvidos na concepção desses projetos, inserindo-se neste contexto uma análise da viabilidade da geração de créditos de carbono.

Nesse sentido, buscou-se responder o questionamento acerca da possibilidade de implantação e gestão de processos sustentáveis de redução de consumo de energia no setor cervejeiro. Destaca-se aqui que a pesquisa buscou, também, revelar quais os fatores que levam tais projetos ao êxito, bem como quais os pontos fracos que possam determinar seu insucesso, os quais são apresentados no capítulo 8 das conclusões.

1.3. Hipóteses

Neste estudo busca-se saber se os projetos de eficiência energética térmica e de troca de combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia obtêm sucesso se delineados sob o mercado de carbono, quando de sua submissão à aprovação junto ao comitê executivo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudança Climática (CQNUMC).

Desta forma, buscou-se conhecer as necessidades e os principais usos finais de energias térmica e elétrica nas indústrias de alimentos e bebidas, com foco em cervejarias, as quais situam-se, geralmente, em cidades do interior do Brasil, mantendo certa proximidade com complexos agroindustriais capital-intensivos, como as usinas de açúcar e álcool e as processadoras de cítrus. Neste sentido, a seguinte hipótese foi formulada:

- Projetos de créditos de carbono para eficiência energética e troca de combustíveis, se inseridos no âmbito dos mercados de carbono, são viáveis técnico e economicamente, e contribuem para o alcance de metas de sustentabilidade pela alta gerência das empresas.

Com isso, buscou-se apresentar os créditos de carbono como incentivo às empresas, para que adotem uma gestão comprometida com a redução de emissões de

gases de efeito estufa na atmosfera. Assim, seguintes hipóteses secundárias foram também formuladas:

- Em empresas com práticas não-sustentáveis quanto à sua demanda interna e usos finais de energia, ao tomarem conhecimento do mecanismo de desenvolvimento limpo podem ser fortemente estimuladas a implementar medidas de redução de consumo energético pela implementação de projetos de créditos de carbono.

- As reduções certificadas de emissões (RCEs) podem ser um forte incentivo para que ocorram investimentos em ações de redução do consumo energético e consequentemente de redução de lançamento de gases de efeito estufa e demais poluentes para atmosfera em países em desenvolvimento, como o Brasil.

1.4. Objetivo Específico

A partir de referenciais teórico-práticos dos processos de produção correntes, e através de um levantamento bibliográfico, de visitas a empresas e de questionários e outros documentos disponíveis, esta pesquisa teve como objetivos específicos identificar quais as práticas e processos de produção de baixo consumo de energéticos no setor de bebidas nacional, bem como levantar os principais pontos a serem considerados na implantação de projetos de créditos de carbono no setor cervejeiro, a partir de medidas de eficiência energética térmica e de troca de combustíveis passíveis de serem implementadas.

No Capítulo 6 são apresentadas as principais tecnologias adotadas para redução do consumo de energia térmica, em cumprimento ao primeiro desses objetivos. No Capítulo 8, o segundo objetivo é alcançado por meio de um estudo de caso, apresentado, de forma que os conceitos ali discutidos possam servir de guia para implementação e gestão de projetos de créditos de carbono em atividades de uso de biomassa renovável como fonte de energia, bem como em projetos de redução no consumo de eletricidade e vapor.

1.5. Síntese dos Procedimentos Metodológicos

A pesquisa desta dissertação, quanto à sua natureza, é do tipo aplicada. Quanto à forma de abordagem do problema foi, em sua quase totalidade, qualitativa, porém, em considerável medida, transcorreram-se análises quantitativas. Quanto a seus objetivos, parte destes classifica-se como exploratória, outra parte, explicativa.

Os procedimentos técnicos empregados foram pesquisas bibliográfica e documental, visitas de campo e estudo de caso, que incluiu respostas de questionários por parte de pessoas responsáveis pela elaboração e implementação (coordenadores, pesquisadores e técnicos) dos projetos de redução do consumo de energia em empresas do setor cervejeiro.

1.5.1. Tipologia de Pesquisa

Segundo VERGARA (2000), uma pesquisa pode ser classificada quanto aos fins a que se destina e quanto aos meios usados para sua consecussão. Quanto aos fins, este estudo pode ser classificado como uma pesquisa basicamente descritiva, pois tem como objetivo expor características essenciais da eficiência energética e à troca de combustíveis no setor agroindustrial brasileiro, buscando, a partir dessas informações, avaliar o potencial de sucesso desses projetos, minimizando seus riscos pela obtenção de créditos de carbono em projetos MDL, sob escopo do protocolo de Kyoto.

Na procura por uma definição mais específica do tipo de pesquisa, Snow e Thomas (2004) propuseram um quadro conceito, conforme Tabela 1, para classificar as pesquisas em termos de sua contribuição para a teoria em gestão e administração estratégicas.

Tabela 1. Conceitos para classificação de pesquisas

Descrição	Explicação		Previsão
	A	B	C
Construção da Teoria	O quê?	Como? Por quê?	Quem? Onde?
	Estudo baseado em observação e entrevista. Identificação de variáveis.	Estabelece relações explicativas com entrevistas e	Quando? Estuda os limites da teoria com observação,

		observação.	questionários e entrevistas.
	D	E	F
Teste da Teoria	Visa desenvolver e validar medidas, através de questionários, relatórios e/ou entrevistas.	Documentar relações entre variáveis com teste de hipótese.	Testar teorias diferentes para explicar o mesmo fato.

Fonte: Snow e Thomas (2004)

Pela análise das informações da Tabela 1, essa pesquisa visa a explicar os principais mecanismos qualitativos de gestão de riscos, examinando os aspetos ambientais, tecnológico e operacional, que envolvem projetos de créditos de carbono, estabelecendo relações entre esses riscos e o sucesso dos projetos.

Ainda quanto aos meios, essa pesquisa pode ser classificada como telemática, pois é decorrente de buscas de informações setoriais específicas, lançando-se mão de meios eletrônicos, além de ser bibliográfica, na medida em que são usados materiais publicados em livros, revistas, anais de congressos e outras referências bibliográficas acessíveis ao público em geral.

1.5.2. Método da Pesquisa de Campo de Projetos de Créditos de Carbono

A metodologia utilizada neste estudo desenvolveu-se considerando os seguintes aspectos:

- Levantamento de dados e informações referentes à promoção de eficiência energética em processos térmicos de indústrias transformadoras de alimentos e bebidas, bem como simulação teórica da geração de biogás em sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes, visando seu aproveitamento energético e de geração de créditos de carbono, buscando entender os principais riscos associados a esses projetos, discutindo sua viabilidade econômica e relevância para a redução de emissões de GEE.
- Levantamento de dados e informações relativos ao setor elétrico e ao setor industrial de cervejarias, analisando a possibilidade de sinergia entre estas e a indústria sucro-alcooleira, no sentido de que excedentes de biomassa – palha e bagaço -

desta última possam servir como insumo energético para a primeira em seus processos de produção (estudo empírico).

- Identificação dos principais fatores de risco que exercem forte influência na tomada de decisão em projetos de eficiência energética e de substituição de combustíveis sob as metodologias do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ou mesmo sob escopo de Padrões Voluntários de Créditos de Carbono, especificamente em empreendimentos industriais no Brasil.

- Avaliação econômico-financeira da substituição de combustíveis fósseis como fonte de geração de calor, identificando o potencial de sucesso desses projetos na obtenção de créditos de carbono, enquanto incentivo a tais medidas.

Para avaliar os processos de gestão e implementação de projetos de eficiência energética e troca de combustíveis no setor agroindustrial, de maneira a gerar benefícios ambientais e desenvolvimento sócio-econômico, realizou-se uma série de entrevistas entre 23/03/2009 e 07/08/2009, com gestores e técnicos de uma das principais empresas do setor cervejeiro nacional – aqui tratada apenas como empresa KF, com plantas em diversos estados brasileiros, dentre eles São Paulo e Paraná. Para esta empresa, elaborou-se um questionário, cujas perguntas, como seguem abaixo, objetivaram determinar nos processos produtivos da empresa:

- a) Qual o consumo de insumos energéticos (eletricidade, óleo combustível e gás natural) nos processos produtivos?*
- b) Quais os processos adotados e se havia integração energética para aproveitamento de residuais de energia nos mesmos?*
- c) Quais os principais fatores que determinam a inviabilidade técnica da implementação de projetos de créditos de carbono (forças centrífugas de desconhecimento do MDL, aspectos legais e ambientais envolvidos)?*
- d) Quais eram os entraves quanto ao uso de fontes alternativas de energia térmica e elétrica?*
- e) Quais as fontes de recursos financeiros e de financiamento para os projetos de créditos de carbono?*
- f) Quais as vazões e cargas orgânicas dos efluentes gerados pelos processos de produção?*
- g) Qual era a possibilidade de se empregar fontes alternativas de energia?*
- h) Se havia predisposição da empresa por adotar medidas de sustentabilidade?*

Assim, conforme LEGRAIN e MAGAIN (2002) foi adotada a técnica da entrevista semidiretiva, pela qual não há perguntas fechadas, mas uma lista de perguntas

abertas, que norteiam o pesquisador e o entrevistado, permitindo-lhes maior liberdade na formulação das respostas – abrindo espaço ainda para a formulação e inserção de novas informações que possam surgir de forma espontânea durante as entrevistas, facilitando, conseqüentemente, a análise.

As listas de questões foram elaboradas de maneira que pudessem ser adaptadas, ou mesmo acrescidas novas perguntas, na medida em que houvesse a necessidade.

Foram anotadas todas as informações fornecidas, além daquelas induzidas pelo guia de perguntas, e agrupadas por tema. De maneira geral, as entrevistas não transcorriam exatamente na mesma ordem da lista de perguntas, mas sim de maneira mais espontânea, na medida em que se dava o diálogo com o entrevistado.

As respostas também, não anotadas de forma literal, algumas são sínteses do que foi respondido. Não obstante, buscou-se fidelidade ao conteúdo das mesmas.

1.5.3. O Método do Estudo de Caso

Antes de proceder ao estudo de caso, fez-se necessário identificar o universo de projetos do estudo, no caso as indústrias cervejeiras, que consumiam combustíveis fósseis e eletricidade em larga escala, nas quais pudessem implementar projetos de créditos de carbono sob escopo do MDL.

Identificado o universo da pesquisa, a empresa foi selecionada de forma a apresentar o caso que pudesse refletir de forma não tendenciosa as principais tecnologias disponíveis, os potenciais de geração de créditos de carbono, bem como a possibilidade de geração de energia renovável (eletricidade, energia mecânica e vapor).

Assim, o universo de onde foram escolhidas as empresas para estudo de caso deveriam permitir que os resultados pudessem ser replicados a outras empresas em todo território nacional. Assim, os principais critérios adotados para escolha do caso do estudo foram:

- a) Empresa que apresentasse grande consumo de combustíveis fósseis e de eletricidade da rede;
- b) Empresa que não utiliza ainda a energia residual de vapor de processo;

c) Empresa localizada relativamente próxima a áreas agrícolas, com excedentes de biomassa que pudessem ser usados como fonte de energia primária;

d) Empresa que não aproveita o potencial de geração de biogás pelo tratamento de resíduos e efluentes de seus processos produtivos.

Essas limitações quanto às características da empresa alvo do estudo permitiam que se fizesse um levantamento razoável dos principais projetos de créditos de carbono.

1.5.4. Delimitação do Universo da Pesquisa

Para delimitar o universo da pesquisa, com base nos critérios acima, foram identificadas como fontes de pesquisa o Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os bancos de dados e de registros, como o Balanço Energético Nacional (BEN), informativos setoriais das indústrias de alimentos e bebidas, descritivos técnicos de empresas de projetos, Manual de projetos MDL do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), documentos de concepção de projetos, publicamente divulgados pelo comitê executivo da Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança Climática (CQNUMC ou UNFCCC, em inglês).

Recorreu-se também a entidades de representação das cervejarias brasileiras, bem como a empresas de consultoria para implantação de projetos de créditos de carbono, além de vasto material disponibilizado pelo Centro Nacional Referência em Biomassa (CENBIO), além de referências disponíveis nas bibliotecas das unidades da USP, de outras universidades e demais instituições de pesquisas brasileiras e internacionais.

2. O Dilema da Energia no Século XXI

As políticas energéticas para serem eficazes precisam ter como objetivos principais a segurança energética, a economicidade e a preservação ambiental, mas esses objetivos, por vezes, entram em embate, dado que os meios adotados para alcançar um desses objetivos podem ter impactos negativos sobre os demais.

Verifica-se que desde a década de 1990, tais políticas vêm priorizando a questão econômica da energia por meio de reformas liberais, as quais incentivam uma maior concorrência no setor – e aqui, para simplificação teórica, suprime-se uma abordagem mais aprofundada deste tema, já que o foco analítico do presente estudo visa a discutir os embates entre a questão da segurança da energia e a preservação do meio ambiente.

Vê-se uma série de incertezas já neste início de século XXI, quanto à geração e distribuição de energia nas próximas décadas, uma vez que associadas a isso advém crescentes preocupações ambientais, especialmente porque atrelam-se a isso as incertezas quanto à mudança do clima e suas iminentes consequências.

Desta feita, a questão ambiental e segurança energética devem ser prioridade na arena política quando da formulação das metas energéticas e ambientais, de forma a contornar uma provável crise energética, que pode ser considerada factível no corrente cenário mundial.

Pode-se afirmar que a humanidade jamais se defrontou com um conflito de tamanho potencial como este da segurança energética e da preservação do meio ambiente, isto porque a elevação exponencial da demanda por energia em países em desenvolvimento culmina com o aumento do consumo global de energia, impactando significativamente em sua oferta.

Ademais, verifica-se que tal incremento no consumo de energia ocorre em paralelo às discussões sobre as influências antrópicas que promovem o aquecimento global, suscitando a necessidade de se reduzirem imediatamente as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Com a elevação gradual da renda e do poder de compra das populações de países em desenvolvimento, em partes associados ao crescimento demográfico sensível em

determinadas economias, vem havendo grande ascensão da demanda por energia, uma vez que ainda é baixo o consumo energético per capita nestes países.

De acordo com dados do EIA (2008), haverá significativa elevação na demanda global de energia até o ano de 2030, o que torna necessário o aumento da oferta desse recurso para que haja um atendimento plausível do suprimento desta.

O incremento da demanda por energia em países em desenvolvimento vê cada vez mais tendo impactos nas emissões de GEE, já que estas estão atreladas ao uso de tecnologias carbono-intensivas. Porém, o aumento nas emissões de GEE choca-se com a necessidade de implementação de políticas e projetos que venham a mitigar as alterações climáticas.

Vê-se assim que a atual plataforma institucional em vigência, para impedir que a influência do homem gere mudanças de grandes proporções nos padrões climáticos, poderá impor limites à possibilidade de extensão da oferta de energia. Desta forma, para que esta seja garantida de forma que atenda à crescente demanda pelas próximas décadas – inseridas em uma estrutura institucional sustentada no pilar da limitação das emissões de GEE – impõe-se a governos e demais setores da sociedade civil e seus formuladores de políticas energéticas um desafio ímpar.

Destaca-se que embora as alterações climáticas sejam um problema mundial, países desenvolvidos e em desenvolvimento têm parcelas diferenciadas de responsabilidade neste processo, sendo que os primeiros, os quais emitiram vultosas quantidades de GEE nos últimos duzentos e cinquenta anos, têm maior peso que os últimos. Soma-se a isso o fato de que países em desenvolvimento não podem ter seu crescimento socioeconômico freado em função, simplesmente, da preservação ambiental, mas sim, correrem paralelos ambos os processos, através do desenvolvimento sustentável.

Assim, tais países, quando não dispõem dos recursos naturais necessários, não podem ver-se obrigados a utilizar padrões energéticos estritamente baseados em fontes renováveis, que apresenta custos muito superiores de utilização que aqueles de suas reservas de insumos energéticos fósseis. A justificativa para tais assertivas supracitadas baseia-se no fato de não ser justo e nem aceitável que os países em desenvolvimento

tenham seu crescimento limitado pelos impactos ambientais resultantes do padrão de produção e consumo dos países desenvolvidos.

Embora a resolução da equação que considera o embate entre países desenvolvidos e em desenvolvimento possa parecer complexa, esta pode tornar-se simples, caso haja um comprometimento maior dos países desenvolvidos com a causa, na medida em que assumam sua parcela de culpa na ocorrência do aquecimento global, reduzam seus padrões de emissões e financiem o custo diferencial que os países em desenvolvimento venham a ter ao adotarem padrões sustentáveis - fontes renováveis - de energia, em vez de basearem-se exclusivamente em fontes fósseis com as quais os primeiro se desenvolveram.

2.1. A Vulnerabilidade Energética Mundial

O desenvolvimento socioeconômico exige uma oferta estável, segura e a preços acessíveis de energia. Porém, a relevância da questão energética é colocada em segundo plano em períodos de calma como as duas últimas décadas do século XX, quando a reduzida taxa de crescimento econômico mundial e o baixo preço do barril do petróleo garantiram a segurança energética mundial.

O início do século XXI apresenta um forte aumento da demanda energética calcado na significativa elevação dos preços do barril do petróleo. A Crise Energética da década de 70 teve um caráter conjuntural, uma vez que a elevação do preço do barril do petróleo teve sua origem na restrição da oferta, em que variáveis geopolíticas tiveram influência primordial. Igualmente, o atual incremento nos preços dos recursos energéticos deve-se às questões geopolíticas, mas destaca-se que, principalmente, tomam lugar fatores reais, caso este do aumento na demanda por energia nos primeiros anos do século XXI, o que se projeta as décadas seguintes.

A EIA (2008) estima um crescimento anual da demanda por energia primária¹ de até 1,6% até 2030 e embora os E.U.A. representem uma parcela significativa no aumento dessa demanda por energia primária, os países da OECD² serão responsáveis por menos de 30% do aumento projetado, cabendo aos países em desenvolvimento aproximadamente 70% deste aumento. Para se compreender esse potencial crescimento na demanda energética de países em desenvolvimento, com destaque para Índia e China, deve-se considerar a desuniformidade no consumo de energia entre os países, e neste sentido, vale destacar que os EUA representam 25% do consumo mundial de energia, ao passo que Índia e a China somam juntas 11,2%.

O consumo *per capita* norte-americano é de 8 TEP ao ano, enquanto que o consumo de cerca de 50% da população mundial é inferior a 0,5 TEP por ano. Já o crescimento populacional dos países em desenvolvimento apresenta taxas bastante superiores às taxas dos países desenvolvidos. Segundo relatório das Nações Unidas (ONU) de 2009, os países em desenvolvimento podem conter aproximadamente 80% da população mundial em 2030.

Além do crescimento demográfico superior aos dos países da OECD, os países em desenvolvimento, principalmente os do continente asiático, apresentam elevadas taxas de crescimento econômico neste início de século, as quais se estima que serão mantidas em ascendente até 2030. O substancial aumento da demanda por energia nos países em desenvolvimento - pelos motivos supracitados - coloca a questão da distribuição da oferta de energia mundial de forma mais justa no cerne da discussão energética mundial.

1-Energia primária é a energia que deslocada diretamente da natureza e em se tratando de uma nação, inclui-se nesse conceito a energia importada. A energia primária difere-se da energia final que é a energia disponível para o consumo. Por sua vez, a energia útil é a energia estritamente necessária para atender as necessidades energéticas dos consumidores.

2- Sigla em inglês para Organisation for Economic Co-operation and Development, composta pelos seguintes países: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coréia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Eslovaca, República Tcheca, Suíça, Suécia e Turquia. Além desses países, também integra a OCDE a União Européia.

Esta redistribuição por si só já seria demasiadamente complexa e o fato da demanda energética dos países em desenvolvimento estar crescendo exponencialmente,

na medida em que nos desenvolvidos essa demanda elevou-se de gradualmente, atingindo os altos patamares atuais torna a questão mais difícil e gera uma real ameaça para a segurança energética mundial nas próximas décadas.

A Figura 1 apresenta a evolução da demanda mundial de energia primária no período compreendido entre 1970 e 2030, sendo os dados a partir de 2005 estimativas.

Figura 1. Demanda por Energia Primária: 1970-2030

Fonte: EIA (2008)

O incremento do consumo energético vem promovendo um significativo aumento das emissões de CO₂ pela enorme predominância de combustíveis fósseis na matriz energética mundial. Isto posto, mantendo-se o atual modelo energético, as emissões de CO₂ elevar-se-ão significativamente até o ano de 2030.

Os países em desenvolvimento utilizam tecnologias mais intensivas em carbono (EIA, 2008) e desta forma a taxa de crescimento das emissões de CO₂ será maior do que a taxa de crescimento de demanda por energia. Projeções realizadas pela EIA para a demanda por carvão mostram ainda que este energético encampará a posição de número dois no rol dos insumos que apresentam o maior aumento de consumo.

A China e a Índia são apontadas como os principais responsáveis – com participação de 80% - deste aumento de uso do carvão que dentre os fósseis, é um dos que emite as mais elevadas quantidades de CO₂. Na figura 2, a seguir, apresentam-se a demanda e a participação da China no consumo de carvão para fins energéticos.

Figura 2. Demanda por carvão entre 1995 e 2005

Fonte: EIA (2008).

Um maior uso de recursos energéticos fósseis, de maneira desenfreada e sem controle de poluentes ocasiona graves danos ambientais, dentre os quais as mudanças climáticas, que podem variar de maior a menor magnitude, dadas as consequências que trazem sobre os ecossistemas, uma vez que estão diretamente relacionadas a emissões de gás carbônico.

Essa dualidade trazida à mesa de discussões envolvendo as questões ambientais e a segurança energética faz com que haja a real possibilidade de que nas próximas décadas ocorra uma crise nos sistemas energéticos mundiais, isto porque se os danos ambientais são uma consequência da elevação desenfreada do consumo de energia, a necessidade de proteção do ambiente faz-se cada vez mais urgente, tornando restrita a oferta de energia, a qual intensifica os atritos entre oferta e demanda de energia, tendo impactos nos sistemas produtivos e nos preços dos insumos energéticos em geral.

2.2. A Segurança Energética Permeada pelas Incertezas no Século XXI

O crescimento populacional e o crescimento econômico são os dois fatores fundamentais que determinam as bases para a projeção da futura demanda de energia.

A incerteza associada ao comportamento futuro da economia torna as estimativas de crescimento econômico controversas e uma análise cuidadosa deve ser efetuada para que a estimativa da demanda por energia seja a mais precisa possível.

Outro relatório da EIA de 2007 estima que a economia mundial cresça a uma taxa anual média de 3,8% até o ano de 2030 devido ao forte crescimento das economias em desenvolvimento, sendo as asiáticas as com taxas mais elevadas de crescimento. A China possui um crescimento estimado de 6% ao ano e a Índia um crescimento médio de 5,4% por ano.

Por outro lado, o crescimento econômico dos países do leste europeu e dos países latino americanos possui um considerável grau de incerteza. Dentre as economias desenvolvidas, os EUA apresentarão o maior crescimento, com uma taxa anual média de 3% devido a sua política fiscal expansionista. Por sua vez, para os demais países desenvolvidos a previsão é de uma taxa média de crescimento de 1,5 e 2%.

Como resultado das estimativas de crescimento da economia mundial, projeta-se um crescimento absoluto de 71% na demanda por energia no período compreendido entre 2003 e 2030, conforme pode ser constatado na Figura 3.

Figura 3. Consumo Mundial de Energia entre 1980 e 2030
Fonte: EIA (2007)

O crescimento exponencial do consumo de energia nas economias em desenvolvimento, as quais são responsáveis por mais de dois terços do aumento da demanda por energia até 2030, tornará os países em desenvolvimento os maiores consumidores de energia já em 2010. Segundo a EIA (2008), em 2030 o consumo de energia dos países em via de desenvolvimento será 34% maior do que o consumo dos países da OECD, conforme mostra a figura 4, a seguir.

Figura 4. Consumo de energia em países da OECD e em desenvolvimento
 Fonte: EIA (2008)

Analisando ainda os dados da EIA de 2008, os combustíveis fósseis serão responsáveis por 83% do aumento da demanda de energia, considerando os anos de 2004 até 2030. Desta forma, os combustíveis fósseis permanecerão com elevadíssima participação na matriz energética mundial, a qual sofrerá o discreto aumento de 80 para 81%.

A demanda estimada para o petróleo aumentará de 84 milhões de barris por dia em 2005 para 116 milhões de barris por dia em 2030. O aumento da demanda por petróleo será amortecido pela elevação do preço do petróleo, devendo ocorrer o mesmo para o gás natural. O carvão, dada a sua abundância, é o combustível fóssil que apresentará maior crescimento no período.

Devido a seu enorme uso para geração de eletricidade, o carvão poderá consolidar-se na segunda posição dentre as fontes de energia primária mais adotadas, tendo sua participação relativa elevada significativamente na matriz energética mundial.

A manutenção do predomínio dos recursos fósseis no consumo mundial de energia a níveis mais altos que os atuais, põe a matriz energética dos países da OECD e de grande parte dos países em desenvolvimento em grande vulnerabilidade quanto a potenciais crises energéticas. Com exceção do carvão, que distribui-se de forma relativamente equilibrada do ponto de vista geográfico, o crescimento da demanda por

todos os outros energéticos leva os países da OECD a importarem tais insumos dos países em desenvolvimento.

Neste relatório do EIA (2008), vê-se que a produção de petróleo dos países não-membros da OPEP chegará a seu auge por volta de 2015, ao passo que a produção de petróleo pelos países da OPEP terá seu pico no ano de 2030. Nesse contexto, os países da OECD que hoje importam 55% de seu consumo petrolífero o farão em 2030 com mais 11%, chegando a 66%. Na Figura 5, a seguir, apresenta-se a evolução da oferta de petróleo mundial.

Figura 5. Variação da oferta global de petróleo entre 2004 e 2030
Fonte: EIA (2008)

Da figura se verifica que a maior concentração de oferta mundial de petróleo encontra-se em países do Médio Oriente, uma região que apresenta muita instabilidade de ordem social, legal e política, o que vem a somar-se aos riscos do transporte marítimo, o que pode elevar ainda mais a vulnerabilidade da oferta deste energético.

Cabe aqui uma discussão quanto ao poder de mercado da OPEP e Rússia, uma vez que estas podem imprimir preços altos, elevando conseqüentemente o embate entre oferta e demanda de petróleo de maneira geral.

Quanto ao gás natural, os problemas relacionados a este energético podem ser comparáveis aos do petróleo, dado que existe hoje o problema da dependência da importação, as quais se concentram em áreas do globo cada vez mais afastadas dos

centros de consumo. Assim, os riscos enfrentados por países desenvolvidos equivalem aos daqueles em desenvolvimento que dependem de importações.

O que se observa é que tais países têm buscado cada vez mais estabelecer alianças político-econômicas com as nações produtoras, de forma que tenham reduzidas as chances de haver uma crise energética em seus territórios.

Porém, de tais pactos advém o risco de conflitos de ordem geopolítica, dado que as bases nas quais estes acordos estão sendo feitos, eleva-se a vulnerabilidade energética dos países da OECD (JAFPE, 2004). Em relação às fontes não fósseis de energia primária, a elevada participação dos biocombustíveis se compensa pela redução do consumo em países em desenvolvimento, cujas opções por modernos processos e tecnologias industriais dispensam o uso da lenha de origem não renovável.

Nesse sentido, as previsões até 2030 da EIA (2008) nos mostram um crescimento anual de energia hidrelétrica de até 2,4%, variação esta que segue paripasso com a elevação no uso do carvão e do gás natural.

Os elevados preços dos combustíveis fósseis podem fomentar economicamente um aumento no consumo de energias solar, eólica e geotérmica. Contudo, a valores absolutos, estes energéticos participarão muito diminutamente na composição da matriz energética mundial no ano de 2030 e a despeito do elevado preço dos combustíveis fósseis e da necessidade de redução das emissões de CO₂.

O EIA (2008) estima um aumento de somente 13% da energia de origem nuclear, que prossegue rodeada de dúvidas críticas no que tange à segurança das centrais nucleares e ao tratamento dos resíduos nucleares. Com relação à análise setorial, a indústria e o setor de transportes representam os maiores responsáveis pela elevação na demanda por petróleo e gás natural.

O setor industrial terá uma fatia de até 52% do crescimento absoluto no consumo de gás natural até 2030. A geração de eletricidade será responsável por cerca de 50% no aumento da demanda por energia primária, e a participação do gás natural, das fontes renováveis e da energia nuclear na geração de eletricidade irá aumentar.

Quanto ao carvão, sua farta disponibilidade em certas regiões, associadas a seus menores preços, resultam em um significativo aumento de sua participação na geração de eletricidade.

2.3. A Matriz Energética Brasileira

O Brasil apresenta uma matriz energética privilegiada quando comparada à matriz energética mundial, pois a energia renovável tem uma considerável participação na sua oferta interna de energia³. A exata compreensão da composição da matriz energética brasileira requer uma análise de sua evolução, das potencialidades naturais e as políticas adotadas para explorar estas potencialidades, questões que serão examinadas a seguir.

O território brasileiro possui dimensões continentais com uma área de 8,5 milhões de Km., mas a densidade demográfica do país é de apenas vinte habitantes/Km2 e de acordo com MME (2008), nosso consumo energético per-capita foi de 1,21 tep em 2006, estando abaixo da média mundial de 1,69 tep e dos de 4,67 tep dos países da OECD. Essa demanda energética total brasileira representa aproximadamente 2% da demanda mundial.

No entanto, a composição da matriz energética é ímpar, já que 44,9% é de fontes renováveis de energia na oferta interna de energia.

Tal participação é extremamente elevada quando comparada a média mundial de 13,2% e, em especial, frente à reduzida participação de 6,1% nos países da OECD. A figura 6 mostra o perfil diferenciado da matriz energética brasileira em relação ao perfil da matriz energética mundial.

3 - A soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação recebe a denominação de Oferta Interna de Energia – OIE, também, denominada de demanda total de energia, de acordo com MME (2008).

Figura 6. Estruturas da Oferta Interna de Energia
Fonte: MME (2008)

Até meados do século XX, a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira era muito superior à verificada hoje em dia, mas é preciso que se faça uma análise destes dados dentro do contexto social e econômico da década de 1940, pois até então a participação elevada de fontes energéticas renováveis baseava-se em técnicas e processos energéticos rudimentares, com elevado consumo de lenha e carvão.

Porém, com o crescimento da urbanização e industrialização verificada da década de 1940 esse panorama foi alterado e o consumo energético do setor agropecuário teve sua participação sensivelmente reduzida ao passo que se observou um exponencial incremento anual no consumo energético do setor residencial, especialmente com o uso de combustíveis fósseis.

Já a indústria mostrou forte adoção de formas mais eficientes de energias, bem como fomentou a construção da infra-estrutura de transportes com forte atuação do modal rodoviário, levando ao aumento da participação dos combustíveis fósseis na matriz.

Contudo, apesar do significativo aumento da participação das fontes fósseis de energia, a matriz energética do Brasil ainda tem apresentado alta participação das

energias renováveis de energia, o que não é comum para países no estágio de desenvolvimento igual ao brasileiro.

E a despeito de o uso da biomassa ser usada como fonte de energia primária em processos energéticos antiquados, como a queima direta em certas localidades mais remotas do território nacional, já há um grande movimento na direção de uso das fontes renováveis de energia em processos modernos e eficientes de geração de energia, os quais baseiam-se no potencial hidroelétrico natural brasileiro.

A figura 7, a seguir, denota a relevância da energia hidroelétrica e da participação da biomassa na oferta de energia do Brasil.

Figura 7. Oferta Interna de Energia do Brasil em 2006
Fonte: MME (2007)

Verifica-se que a matriz energética nacional é muito complexa e multivariada, sendo sua composição resultado de um considerável grau de eficiência energética, cuja maior participação provém da energia hidroelétrica, que com a biomassa corrobora para o baixo nível de emissões de GEE na atmosfera, comparativamente aos países desenvolvidos.

Porém, esse índice de emissões se eleva em épocas em que se faz uso das termoelétricas a combustíveis fósseis, as quais são acionadas de tempos em tempos para suprir a demanda, em especial em épocas de grande consumo de eletricidade.

As emissões brasileiras – em CO₂/tep – por porte do setor de geração, transmissão e distribuição de energia é apresentada na figura 8, a seguir.

Figura 8. Emissões de CO₂ em 2008

Fonte: Adaptado de MME (2009)

O aumento da oferta de electricidade no brasil é basicamente calcado em fontes hídricas desde o início do século passado, dado o grande potencial hídrico brasileiro e dados de 2008 do MME confirmam que ainda hoje a hidroelectricidade possui uma participação bastante elevada na matriz elétrica nacional, correspondendo a valores superiores a 75%, chegando a 85% quando incluída a importação de energia, o que de fato está bem acima dos 16% da média mundial.

Com isso, uma das consequências é a elevação do grau de efficientização da geração de eletricidade no Brasil, e como parâmetro, no ano de 2006 as perdas em transformação e distribuição corresponderam a apenas 15,2% da oferta total de 459 TWh,.

Contudo, nas duas últimas décadas, em especial a partir de 1995, tem-se verificado uma elevação da geração termoeletrica em complementação à hidroelétrica. Isso por causa da necessidade de medidas rápidas para atender à crescente demanda, como já mencionado, visando reduzir-se os riscos de uma crise emergética, pela dependência do sistema de geração baseado nos ciclos hidrológicos.

Assim, vêm-se como resultados das mudanças na matriz de energia elétrica a possibilidade de uso de maiores quantidades de fontes combustíveis fósseis para a

geração de electricidade, o que retorna à baixa eficiência energética, com incremento das emissões de GEE. A matriz elétrica brasileira é apresentada na Figura 9, a seguir.

Figura 9. Matriz de Oferta de Energia Elétrica Brasileira em 2008
Fonte: MME, BEN 2008.

2.4. A Demanda Energética e a Questão Ambiental

O crescimento do consumo de energia primária baseada em combustíveis fósseis poderá agravar sensivelmente os problemas ambientais que já são muito graves na atualidade. O IEA (2008) estima que o setor de energia aumentará suas emissões de CO₂ em 55% até 2030, como apresentado na Figura 10. A geração de eletricidade será responsável por 50% do aumento de emissões de dióxido de carbono, as quais devem atingir o valor de 40 bilhões de toneladas em 2030.

A forte tendência de contribuição do setor elétrico na elevação das emissões de CO₂ é fruto do uso cada vez mais elevado de recursos energéticos primários carbono-intensivos, como se verifica pelo significativo crescimento do carvão, o qual, desde o ano de 2003 é o recurso energético que mais tem emitido o CO₂.

Assim, as emissões de CO₂ irão crescer a uma taxa superior ao crescimento da demanda por energia e a tendência verificada nos últimos vinte e cinco anos, poderá, então, ser invertida.

Figura 10. Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis entre 1990-2030

Fonte: EIA (2006)

Isto posto, o crescimento exponencial verificado para as emissões de CO₂ é resultado do aumento em larga escala do consumo de energia nos países em desenvolvimento, os quais ainda lançam mão de processos e tecnologias carbono-intensivas, comparativamente àqueles dos países da OECD. Portanto, as emissões destas nações elevam-se a uma taxa superior à taxa de crescimento de suas respectivas demandas energéticas.

As emissões dos países em desenvolvimento, que representavam 39% das emissões mundiais no início do século XXI deverão contribuir com mais de 50% de 2010 em diante, como indica a Figura 11, na sequência.

Figura 11. Emissões de CO₂ por região em 2008

Fonte: IEA (2009)

Dentre os países em desenvolvimento, a China e a Índia têm participação decisiva neste processo, o que segue a tendência projetada de crescimento para suas respectivas demandas energéticas, bem como relacionam-se à utilização de carvão em larga escala, enquanto fonte de energia primária.

Para a EIA (2008), em 2030 as emissões da China serão o dobro daquelas verificadas para o ano de 2004, respondendo por 39% de todo o crescimento do período, levando a China a tornar-se o maior emissor de CO₂.

3. Gestão de projetos e Sustentabilidade Empresarial

Um projeto por definição é todo empreendimento temporário realizado para criar um produto ou serviço único (PMBOK, 2009). Isso significa dizer que todos os projetos têm um início e um final claramente definidos, uma vez que por “único”, entende-se aqui que o produto, serviço ou mesmo um processo é diferente de qualquer outro, quer por razões de tempo e espaço ou mesmo pelo investimento que se faz na obtenção dos mesmos e todos esses aspectos são, por sua vez, aplicados ao setor de sustentabilidade empresarial.

Assim, a gestão de projetos nada mais é que a aplicação do conhecimento, das habilidades, ferramentas e técnicas em todas as atividades e etapas do projeto como um todo para que seja possível a consecução dos requisitos mínimos do projeto (PMBOK, 2009).

A gestão de projetos como abrange um conjunto de etapas, constituídas por nove áreas de conhecimento, quais sejam:

- Integração
- Escopo
- Tempo
- Custo
- Qualidade
- Recursos humanos
- Comunicações
- Riscos e
- Aquisições – Contratos

Quanto às áreas de tempo, custo, qualidade e escopo, essas são aquelas que mais estão em evidência, quando se faz todo o controle do projeto pelo gestor. Desta feita, essas são as áreas que podem ser chamadas de “ponta do *iceberg*” (OBADIA, 2004).

Por outro lado, ultimamente as áreas de comunicações e riscos são aquelas que mais vêm sendo estudadas, uma vez que estas são etapas que estão estreitamente relacionadas ao sucesso de qualquer projeto.

O atual enfoque formal da gestão de projetos é relativamente novo, embora se saiba que os projetos existem desde as civilizações mais antigas, como a egípcia, que construiu as famosas pirâmides e outras construções, ou mesmo a civilização romana, que, com a construção de seus aquedutos e estradas, permitiu a prosperidade de sua população. Há ainda por citar os gregos e seus colossais monumentos (P2M, 2009).

Mais recentemente, os projetos de defesa militar e de construção civil pesada também têm sido um fértil campo de aplicação das técnicas de gestão de projetos.

E nota-se que a gestão de projetos é útil não somente aos empreendimentos de grande porte, mas também para gerenciar todo um conjunto de projetos de uma organização, quer seja em uma universidade, onde se desenvolvem projetos de pesquisas, em empresas de marketing, em sistemas de logística, na área de tecnologia da informação, instalações de equipamentos e muitos outros.

Desta forma, surge a moderna gestão de projetos e a gestão de projetos corporativos aplicados nas mais diversas áreas da organização. Segundo Maximiano (2008), podem ser alcançados, dentre outros, os seguintes benefícios pela implementação da gestão de projetos:

- Melhoria na produtividade, encurtando o caminho para a solução de problemas;
- Redução de custos através da redução do desperdício de tempo e de energia na busca por soluções que podem ser as erradas;
- Melhoria no estado de ânimo da equipe de colaboradores, dada uma maior satisfação com o trabalho;
- Decisões são tomadas de maneira mais corretas na continuação e no término dos esforços de trabalho;
- Melhor posicionamento de competitividade dentro da indústria com os melhores resultados colhidos mais rapidamente diante das situações adversas;
- Alcança-se um patamar de qualidade e de benefícios intangíveis dada a rápida entrega de produtos e serviços, que satisfazem às exigências de clientes;
- Realiza-se menor esforço, que se traduz em menor tempo despendido, e alcança-se melhores resultados de uma maneira geral;
- Adquire-se maior confiança na capacidade de completar o trabalho.

Pode se ainda contrastar as percepções atuais e antigas relativamente aos aspectos positivos advindos da implantação da gestão de projetos nas organizações, conforme mostra a tabela 3, a seguir (KERZNER, 2008).

Tabela 2. Benefícios da gestão de projetos

Visão do Passado	Visão do Presente
A gestão de projetos vai requerer mais pessoas e vai adicionar mais custos indiretos	A gestão de projetos permite realizar mais trabalho em menos tempo e com menos pessoas
A lucratividade vai diminuir	A lucratividade vai aumentar
A gestão de projetos aumentará a quantidade de mudanças de escopo	A gestão de projetos possibilitará maior controle das mudanças de escopo
A gestão de projetos cria instabilidade organizacional e aumenta conflitos	A gestão de projetos torna a organização mais eficiente e efetiva através de melhores princípios de comportamento organizacionais
A gestão de projetos criará problemas	A gestão de projetos fornece um meio de resolver problemas
Somente grandes projetos precisam de gestão de projetos	Todos os projetos se beneficiarão de gestão de projetos
A gestão de projetos aumentará os problemas de qualidade	A gestão de projetos aumenta a qualidade
A gestão de projetos criará problemas de poder e autoridade	A gestão de projetos reduzirá conflitos de poder
A gestão de projetos foca em subotimização apenas olhando para o projeto específico	A gestão de projetos permite que as pessoas tomem boas decisões empresariais
A gestão de projetos entrega produtos ao cliente	A gestão de projetos entrega soluções
O custo da gestão de projetos pode tornar-nos não competitivos	A gestão de projetos aumentará nosso negócio

Fonte: KERZNER (2008)

E neste cenário, onde é cada vez maior a quantidade e a rigidez das regulamentações e de políticas ambientais, aliadas às transformações nas relações humanas e nos sistemas de gestão de projetos, surge outro conceito importante para o desenvolvimento das organizações, com aplicação direta em projetos de energia.

Trata-se da sustentabilidade, que segundo CAPOOR e AMBROSI (2007), engloba três dimensões, conforme apresentadas na figura 12, a seguir, sendo, em resumo, o conjunto de interações e medidas no sentido de se reduzirem as emissões substanciais de GEE, as quais podem representar grandes riscos para a sociedade e para as organizações.

Figura 12. As três dimensões da sustentabilidade
 Fonte: Capoor e Ambrosi (2007)

Tais riscos trazem à cadeia de valor eventuais perdas diretas, via custos e despesas, que podem ser diretos ou repassados à empresa, bem como podem ocorrer em etapas posteriores, como a redução nas vendas pela queda no número de negócios realizados. Ademais, outras questões não menos relevantes emergem, na medida em que podem afetar negativamente as operações e a imagem de empresas descomprometidas com as questões ambientais, a saber:

- Baixa reputação,
- Queda no *Branding*,
- Inserção em listas de *rating* ambiental,
- Inadequação à índices de sustentabilidade,
- Falta de acesso a linhas de crédito.

4. Políticas para Fontes Alternativas de Energia e Eficiência Energética

A predominância dos combustíveis fósseis na matriz energética mundial, cuja participação ultrapassa 80%, é notoriamente não-sustentável e isso poderá gerar problemas ambientais ainda mais graves para o abastecimento energético mundial, dado que a questão ambiental passa a ser peça fundamental para a restrição da oferta de energia, levando, consequentemente ao agravamento das tensões entre oferta limitada e a acelerada demanda crescente de energia (WAINSTOK, 2004).

Assim, faz-se urgente a adoção de políticas energéticas que priorizem medidas de eficiência energética e a utilização de fontes alternativas e renováveis de energia. Tais medidas levam a um estado de maior segurança energética, com menores impactos ambientais, dado que atuam justamente para reduzir a demanda por recursos energéticos primários, levando a uma oferta energética que emita menos GEE. Na figura 13, a seguir, vê-se a redução das emissões GEE decorrentes de tais medidas.

Figura 13. Redução de emissões de GEE e políticas alternativas
Fonte: EIA (2008)

Uma participação cada vez maior das fontes alternativas de energia, associadas a uma maior eficiência energética promovem uma situação de maior estabilidade mundial

com relação ao suprimento energético, que passa a ser mais sustentável, reduzindo o risco da ocorrência de uma crise energética.

Isto porque uma menor demanda de fontes de energia primária, fomentada por uma maior disseminação dos recursos energéticos geograficamente e pela menor participação dos combustíveis fósseis, os quais diminuem os riscos de transportes, bem como põem abaixo a possibilidade de conflitos geopolíticos, possibilitando que se eleve a oferta de energia limpa e competitiva nas décadas seguintes.

Tomam lugar aqui as práticas de gestão sustentável de energia, os processos de produção mais limpa (P+L), conforme recomendado por relatório da Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), e a utilização de forma racional dos recursos renováveis, como a biomassa renovável.

Estas práticas, conjuntamente, com medidas como a cogeração, ou de maneira isolada, têm enorme importância na redução de emissões de GEE, já que o uso de recursos naturais de maneira sustentada impacta diretamente na redução do consumo de combustíveis de fontes fósseis (O'ROURKE, 2008).

4.1. Projetos sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Segundo Rocha (2003), as negociações entre os países nas chamadas Conferências das Partes (COPs) enfatizaram a importância do uso de mecanismos de mercado para alcançarem os objetivos estabelecidos no Protocolo de Quioto, já que esses mecanismos são capazes de reduzir os custos de mitigação do efeito estufa, podendo ainda contribuir com o desenvolvimento sustentável em economias em desenvolvimento.

A utilização desses mecanismos é capaz de auxiliar no combate às emissões dos GEE. Tais processos provêm de medidas de combate às emissões de gases poluidores implementados com êxito nos EUA e na Europa. Estes instrumentos baseiam-se na valorização comercializável para as reduções de emissões de GEE.

Desta feita, em 1997, concomitantemente às discussões do Grupo *Ad Hoc* do Mandato de Berlim, a delegação do Brasil mostrou uma proposta da criação de um

Fundo de Desenvolvimento Limpo (FDL), que receberia aportes de capital de países emissores que não cumprissem suas metas de reduções. Tal proposta originou o atual Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que entrou em vigência a partir da COP-3, sendo regulamentado no artigo 12 do Protocolo de Quioto.

O MDL é uma ferramenta que permite que países desenvolvidos cumpram suas metas de redução de emissão através do financiamento de projetos baseados na redução das emissões de GEE e da transferência de tecnologias limpas para países em desenvolvimento, contribuindo, assim, para que estas economias pratiquem o desenvolvimento sustentável.

Em suma, define-se o MDL como um mecanismo que permite que cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera nos países em desenvolvimento seja comercializada no mercado global, fazendo com que os chamados países do Anexo I cumpram suas metas através da compra das chamadas Reduções Certificadas de Emissões (RCE) em países em que estão implementados os projetos.

Ressalta-se que os países componentes da União Européia estabeleceram internamente metas de redução de emissões em seus processos produtivos e operações, de maneira que suas principais empresas emissoras podem adquirir RCEs e cumpram parte de suas metas.

Com relação aos aspectos institucionais do Protocolo de Quioto, o MDL é o mecanismo flexível que permite a participação de países em desenvolvimento. A seguir, são citados os itens 2 e 3 do Artigo 12 do Protocolo de Quioto:

2. O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.

3. Sob o mecanismo de desenvolvimento limpo:

(a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; e

(b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

Assim, as atividades de projetos devem visar à implementação processos e operações baseadas em fontes alternativas renováveis de energia; ao aumento da eficiência energética e medidas de conservação de energia. Projetos de reflorestamento e estabelecimento de novas florestas também são elegíveis a projetos de reduções certificadas de emissões no âmbito do MDL do protocolo de Quioto (Wainstok, 2004)..

Todos os projetos para serem implementados, precisam atender a critérios de elegibilidade, e nesse sentido, apenas projetos iniciados a partir do ano 2000 podem ser elegíveis aos créditos de carbono, como descrito a seguir no item 10 do artigo 12 do Protocolo de Quioto:

“Artigo 10. Reduções certificadas de emissões obtidas durante o período do ano 2000 até o início do primeiro período de compromisso podem ser utilizadas para auxiliar no cumprimento das responsabilidades relativas ao primeiro período de compromisso.”

Ademais, a geração de emissões das reduções certificadas de GEE está condicionada à chamada adicionalidade do projeto em questão, o que significa que se faz necessária a comprovação que o projeto contribuiu para a redução de emissões, e que o agente econômico detentor do projeto atuou fora do seu cenário comum, sendo que olhando apenas as bases estritamente econômicas, o investimento no projeto não teria ocorrido.

Assim, esse projeto apenas ocorreria uma vez que os objetivos ambientais fossem alcançados e a perspectiva de obtenção de crédito de carbono se concretizasse. Essa definição de adicionalidade dos projetos desenvolve-se atrelada à linha de base (cenário comum sem os créditos de carbono) estabelecida para o projeto.

A linha de base de uma atividade de projeto MDL é o cenário que representa as emissões de GEE por parte da atividade no caso da ausência do projeto de MDL, sendo,

portanto, o cenário de referência. Desta forma, a linha de base é virtual, sendo apenas uma estimativa das emissões que poderiam ter ocorrido caso a atividade de projeto não tivesse sido implementada.

Contudo, a linha de base deve ser a mais precisa possível, pois caso seja definida em um nível superior ao real se estará emitindo certificados de redução fictícios e no caso de uma linha de base inferior a real se estará reduzindo a eficiência econômica do projeto.

Segundo Fujiwara (2009) O Acordo de Marraqueche moldou as bases institucionais do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, estabelecendo seu Comitê Executivo do MDL, as Autoridades Nacionais Designadas, no caso do Brasil, o Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT - e as Entidades Operacionais Designadas – empresas responsáveis pelas auditorias dos projetos MDL.

O Comitê Executivo do MDL é um órgão da ONU com a função de supervisionar as atividades dos projetos MDL e está subordinado a decisões da COP. Suas principais atribuições são o:

- Credenciamento das Entidades Operacionais Designadas;
- Desenvolvimento e operação do registro do MDL;
- Registro das atividades do projeto;
- Emissão das RCE e
- Estabelecimento e aperfeiçoamento de metodologias para a definição da linha de base, monitoramento e fugas de gases de efeito estufa.

Os governos dos países que detêm atividades de projeto MDL devem designar junto a CQNUMC uma Autoridade Nacional para o MDL, a qual terá as seguintes atribuições: definir de forma soberana se a actividade proposta contribui para o desenvolvimento sustentável; aprovar e validar os projetos elegíveis ao MDL.

Por fim, existem entidades nacionais ou internacionais credenciadas pelo Comitê Executivo, as quais têm responsabilidades descritas a seguir:

- Validar atividades de projetos de MDL que estejam de acordo com as decisões do Acordo de Marraqueche;

- Manter uma lista pública dos projetos MDL; enviar um relatório anual ao Conselho Executivo;

- Verificar e certificar reduções de emissões de GEE e manter disponível para o público as informações não confidenciais sobre as atividades de projeto do MDL.

Os projetos MDL apresentam um ciclo (Figura 14 e Tabela 4) constituído por cinco etapas, que vão da formulação do projeto à emissão e comercialização das RCE. Detalhadamente, as etapas do projeto de crédito de carbono são:

- a) Concepção do projeto;
- b) Validação e registro do projeto;
- c) Monitoramento;
- d) Verificação e certificação e
- e) Emissões de RCE.

Figura 14. Ciclo do projeto de créditos de carbono no âmbito do MDL
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3. Macroetapas do projeto MDL

Etapa	Definição	Entidade Responsável
1. Concepção do Projeto	Documento com informação necessária sobre o Projeto MDL proposto.	Participantes do projeto
2. Validação e Registro	Validação é o processo de avaliação independente de um projeto MDL.	Entidade Operacional Designada
	Registro é a aceitação formal de um projeto validado.	Comitê Executivo do MDL
3. Monitoramento	A coleta e arquivamento de todos os dados necessários para o cálculo de redução de emissões de GEE que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade do projeto e do período de obtenção de créditos.	Participantes do projeto
4. Verificação e Certificação	Verificação é a revisão periódica independente e determinação de que a redução de emissões de GEE ocorreu como resultado de uma atividade de projeto MDL durante o período de verificação.	Entidade Operacional Designada
	Certificação é a confirmação por escrito de que uma atividade de projeto alcançou a redução de emissões de GEE estabelecidas durante o período de tempo determinado.	Entidade Operacional Designada
5. Emissão de RCEs	As RCEs são emitidas e creditadas aos participantes da atividade de projeto.	Comitê Executivo do MDL

Fonte: Santos (2005)

4.2. Os Projetos de Créditos de Carbono

Os países constantes do Anexo I do Protocolo de Quioto tomaram para si o compromisso de reduzirem suas emissões de GEE em 5,2% comparativamente às emissões verificadas no ano de 1990. Para que esse objetivo seja efetivamente cumprido, disponibilizaram-se aos países do Anexo I mecanismos de flexibilização, como o já citado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, do qual o Brasil pode participar.

Verifica-se que é grande o potencial de implementação de projetos para reflorestamento, adoção de fontes energéticas renováveis, bem como para a elevação da eficiência energética, e desta maneira, estima-se que o potencial do Brasil na participação no mercado mundial de créditos de carbono alcance possa a casa dos 10% (SOUZA ; AZEVEDO, 2006).

Atualmente uma série de metodologias são aplicáveis a tais projetos, ambas elencadas por códigos e capacidade de redução de emissões. Assim, as metodologias

dividem-se em grupos denominados Grande Escala (Série AM) e Pequena Escala (série AMS). Basicamente as metodologias de grande escala aplicam-se a todos os projetos, independentemente do potencial de redução de emissões, enquanto que as de pequena escala limitam-se a projetos cujas emissões não ultrapassem o montante de 60 kton de CO₂ anuais. As principais metodologias aplicáveis aos projetos discutidos neste estudo são:

- AMS- III.B. – Fuel Switch – Troca de combustíveis de alta emissão para outro de menor emissão;
- AMS I C — Thermal energy for the user;
- AMS II D — Energy efficiency and fuel switch measures for industrial facilities;
- AM0018 - Steam optimization systems;

4.2.1. O Mercado de Carbono

A compreensão do mercado de créditos de carbono necessita de um conhecimento prévio de sua estratificação, uma vez que a estrutura do mercado de carbono seguiu-se em mercados de acordo com o Protocolo de Quioto (*Kyoto Compliance*), havendo ainda os mercados desvinculados do Protocolo de Quioto (*Non-Kyoto Compliance*), também chamados de mercados voluntários.

Quanto ao tipo de crédito de carbono comercializado, os mercados de carbono dividem as transações com base em projetos que geram créditos de carbono como as Unidades de Redução de Emissões, provenientes de projetos de Implementação Conjunta, bem como há as Reduções Certificadas de Emissões, advindas de projetos sob escopo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, além das transações baseadas no comércio de Permissão de Emissões (*Allowances*), as quais são emitidas com base no sistema *cap-and-trade* (NAE, 2005).

O comércio de emissões sob Quioto, bem como o comércio de emissões na Europa são exemplos típicos de mercados baseados no sistema *cap-and-trade*. Porém, segundo Fujiwara (2009) há leves diferenciações quanto aos créditos gerados de projetos e as allowances, já que os créditos fundamentam-se em fluxos de poluentes lançados na atmosfera, medidos em toneladas/ano, sendo uma garantia, por direito, de emissões contínuas.

As allowances, por sua vez, são medidas em toneladas de CO₂e lançadas na atmosfera, e representam um direito de emitir certa quantidade de poluentes em um tempo pré-determinado.

A exponencial elevação do montante de comercializações no mercado mundial de carbono denota a relevância cada vez maior deste mercado. No ano de 2002 foram transacionados cerca de 30 milhões de tCO₂e a cerca de US\$ 5,00 por tonelada. Já em 2006 as transações bateram a casa de 1 bilhão de tCO₂e, movimentando mais de US\$ 30 bi (Wainstok, 2004).

Esse aumento nas transações deu-se em associação a um importante aumento dos preços, como pode ser verificado no volume financeiro de US\$ 30 bi, tomando-se em conta que os preços eram inferiores aos US\$ 5,00 de 2002.

Isto posto, pode-se correlacionar o aumento do volume comercializado influenciou-se significativamente pela entrada em funcionamento do Comércio Europeu de Emissões, já que até o ano de 2004 as transações de projetos representavam praticamente 100% das movimentações financeiras do mercado de carbono, ao passo que no ano de 2006 as transações do Comércio Europeu de Emissões representaram 70% daquelas.

Dados da Carbono Brasil (2007) mostram que na primeira metade de 2007, as transações de créditos de carbono tiveram aumento de 45% comparativamente ao mesmo período de 2006, movimentando mais de 1,2 mil milhões de toneladas de carbono, sendo mais de 70% destas representativas do mercado de emissões de projetos. Dois terços do volume total de créditos de carbono foram negociados no comércio de emissões da Europa, dando um volume financeiro de EUR 11,5Bi, referentes a transações de 775 milhões de tCO₂e.

Por sua vez, as transações sob o MDL somaram 372 Mi tCO₂e, dando um volume financeiro de EUR 4,1Bi. Destaca-se aqui o aumento exponencial do mercado voluntário de RCEs, já que a por vezes a ausência de liquidez das RCE gera um grande entrave aos projetos de MDL.

Para exemplificar, o mercado voluntário de créditos de carbono de projetos MDL movimentou cerca de 40 Mi tCO₂e, girando um montante financeiro de mais de € 570 Mi no ano de 2006, ao passo que se olharmos apenas o primeiro semestre de 2007, houve um movimento de cerca de 80Mi tCO₂e, dando um volume € 1,3 bi.

A dimensão exata do fluxo financeiro que o Brasil poderá receber devido à sua significativa participação no mercado de créditos de carbono requer uma análise mais detalhada, pois a magnitude deste fluxo dependerá dos preços praticados e do volume de créditos comercializados sob Quioto.

Recente relatório da CDIAC (2007) revela que o dimensionamento do tamanho do mercado futuro de créditos de carbono é difícil porque é preciso se projetar as emissões futuras de GEE, as quais são resultados da interação entre variáveis dinâmicas como o crescimento demográfico, desenvolvimento sócio-econômico e evolução tecnológica. Logo, o volume de transações de créditos de carbono é função inversa da capacidade dos países do Anexo I de reduzirem suas emissões de GEE.

Dados do NAE (2005) sugerem uma elevação global de 30,1% nas emissões GEE em 2010, comparadas às emissões de 1990 em um cenário de *business-as-usual*. Isto posto, segundo essa visão, o compromisso assumido no Protocolo de Quioto limitaria o aumento das emissões em 15,5%. Mas destaca-se que a não ratificação dos EUA eleva essas emissões a 25,5%.

Segundo dados da Ecosecurities (2009), supondo-se que os países do Anexo B reduzirão em 50% suas emissões por meio de medidas internas, estima-se em cerca de 880 Mi de tCO₂e o mercado de créditos de carbono no âmbito de Quioto neste ano de 2010. Essas mostram ainda uma demanda sob Quioto que pode chegar a 1,02 Bi tCO₂e anuais para todo o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto que se estende até 2012.

Conforme estudo realizado por MICELOWA e JOTZO (2008) estima que a participação do MDL será de 32%, podendo alcançar até 40% da demanda de mercado.

Hoje o *market share* do Brasil no mercado de carbono no âmbito do MDL é de cerca de 10%, sendo isto correspondente a 25 e 30% do mercado global (MDL e mercado voluntário) e estima-se que a demanda por créditos de carbono até 2012 será de 30 bilhões de dólares, o que representa ao Brasil um fluxo financeiro positivo de aproximadamente 3 bilhões de dólares (ECOSECURITIES, 2009).

Por sua vez, o preço do crédito de carbono de projetos é função inversa de uma série variáveis de risco, entre elas, a confiabilidade do responsável e a própria viabilidade técnico-econômica do projeto, a capacidade de gestão do projeto, o apoio institucional do país e os custos de validação e certificação. Logo, os mercados de comercialização de permissões (*emission allowances*) representam o limite superior do preço do carbono, pois por se tratar de uma licença autorização de emissão prévia, apresenta risco nulo (ECOSECURITIES, 2009).

Já a estrutura do contrato de comercialização dos créditos deve ser destacada enquanto fator de determinação dos preços das RCE, uma vez que delimita qual a distribuição do risco entre o empreendedor do projeto e o comprador, e assim, quanto mais adiantado estiver o projeto dentro do *timeline* para seu registro junto à UNFCCC, mais elevado será o valor cobrado por tais créditos de carbono.

Segundo Souza e Azevedo (2006), em 2005 o preço da tonelada de carbono para projetos ainda não registrados variou em torno de 5 dólares, sendo que o comprador assumia a maior parte do risco. Para projetos registrados, o preço foi de 12 dólares, e os vendedores assumiram a maior parte do risco.

De acordo com Carbono Brasil (2007), o preço das RCE vem apresentando um significativo aumento no mercado voluntário desde o segundo semestre de 2007. Sendo o maior mercado de permissões com dimensões globais, o mercado europeu de emissões - maior demandante de RCE - é peça chave para a determinação do preço das RCE.

Porém, hoje já se percebe que a cotação das RCE na Europa vem acompanhando o brusco aumento constatado nos EUA, sendo que alguns dos importantes *carbon*

traders migraram do mercado americano para as RCE. A expectativa de liberalização do mercado de RCE a partir de 2010 vem balizando as ações de grandes emissores e especuladores europeus a trocarem European Union Allowances (EUA) por RCE, dado seu menor preço.

Dada esta alteração na preferência dos demandantes, o preço da RCE comparativamente ao preço nos EUA subiu de 68% no início de Julho de 2007 para 80% em meados de agosto do mesmo ano, quando foram comercializadas em torno de 15 euros por tonelada de carbono.

As estimativas da Ecosecurities (2009) mostram que os preços das RCEs devem situar-se entre 8 e 32 dólares. Atualmente estes valores são em média de 12 euros, o que dá cerca US\$ 20,57 por tonelada equivalente de carbono, salientando-se que esse preço é determinado pela demanda de mercado.

4.2.2. Riscos associados a projetos de créditos de carbono para eficiência energética e troca de combustíveis

Os projetos de eficiência energética, associados a medidas de substituição de fontes combustíveis fósseis sempre trazem consigo uma série de dúvidas e questionamentos da equipe de projetos quanto aos reais ganhos por sua implementação.

Um conjunto de medidas, no entanto, é necessário para avaliar cada etapa do projeto, desde sua concepção até sua finalização e tais medidas, quando implementadas de maneira estruturada e sequencial, constituem-se em uma poderosa metodologia de avaliação qualitativa de riscos em todas as etapas do projeto, os quais pode ser causados pelos seguintes fatores:

i) Fatores externos: Interrupção no fornecimento de biomassa; Elevação nos custos da biomassa; Demora na entrega de equipamentos e subsistemas e legislação que obrigue a redução de consumo energético (ausência de adicionalidade em projetos MDL)

ii) Fatores Operacionais: Mal-funcionamento de equipamentos substitutos; Dificuldade de funcionários na operação de novas tecnologias e Ineficiência prática comparativamente à teórica

iii) Fatores ambientais: Riscos operacionais, inadequação incluindo discussão sobre a perenidade no fornecimento de insumos, recursos energéticos (biomassa), incertezas quanto à estabilidade e futuro do mercado mundial de créditos de carbono após 2012, quando se encerra a validade do protocolo de Quioto.

4.3. O MDL Internalizando Externalidades Ambientais

Como visto nos capítulos anteriores, há potencial de adoção das energias renováveis na estrutura do setor energético nacional, com destaque para a eletricidade gerada por meio de biomassas residuais, e levando-se em conta o panorama energético e o atual estágio de degradação ambiental mundial, é essencial a adoção dessa fonte energética.

Porém, são lentos ainda os passos dos tomadores de decisão nos seguimentos industrial, compreendendo o agroindustrial, para uma direção da promoção da geração distribuída, o que pode ser contornado dado o cenário bastante favorável para oportunidades de investimentos em plantas de geração de energia, troca de combustíveis de fonte fóssil por renováveis, além da adoção de tecnologias mais eficientes e da cogeração.

Assim, pode-se inferir que estes projetos ainda são escassos, já que possivelmente as externalidades econômicas e sócio-ambientais não estejam devidamente internalizadas, enquanto intangíveis que são, nos preços da energia gerada ou mesmo naquela conservada pelas atividades de projetos.

Desta forma, receitas provenientes de créditos de carbono pela adoção dos projetos já citados, poderiam vir a ser um diferencial de agregação de valor, não somente ao caixa da empresa, mas à sua imagem perante à sociedade, uma vez sendo adicional e elegível seu projeto MDL para redução de emissões de GEE.

4.4. Conclusão

A compatibilização entre o aumento exponencial da demanda mundial de energia e a minimização dos impactos ambientais derivados deste aumento é uma equação de complexa resolução. A má distribuição do consumo de energia entre os países do Norte e os países do Sul, e em sentido mais amplo, as disparidades sócio-econômicas entre países desenvolvidos e os em desenvolvimento torna a questão a ser melhor trabalhada pelos tomadores de decisão.

A forte contribuição dos países em desenvolvimento ao aumento da demanda energética tem suas bases no atual reduzido consumo *per capita* de energia comparativamente à dos países da OECD. Desta forma, dada a necessidade que estes países possuem de combater a pobreza e de se desenvolver ao mesmo tempo, o aumento do consumo energético é uma condição essencial a essas economias emergentes.

É importante mencionar que o aumento da demanda de energia tem impactos globais, em que os países devem assumir responsabilidades sobre as externalidades negativas ao meio ambiente, de maneira proporcional à sua contribuição histórica. Assim, países desenvolvidos podem assumir maiores responsabilidades nas ações de mitigação do aquecimento global, já que os GEE emitidos nos últimos duzentos e cinquenta anos são, em sua grande maioria, oriundos dessas economias do Norte.

Além disso, é importante frisar que o consumo *per capita* dos países do Norte continuará muito superior ao dos emergentes, o que faz com que as economias do Sul possam continuar seu processo de industrialização sem restrições exorbitantes de emissões, provenientes da elevação de sua demanda de energia, uma vez que a energia se faz primordial ao desenvolvimento econômico, levando também à melhoria da qualidade de vida das populações.

Estes países não necessariamente, devem assumir os custos da utilização de fontes de energia menos poluentes e mais caras, devido a necessidade de produzirem produtos competitivos capazes de garantirem o desenvolvimento de suas economias. Porém, uma efetiva ação coordenada entre órgãos das esferas energética e ambiental -

em âmbito mundial - poderá ser capaz de mitigar os efeitos do aumento da demanda de energia sobre as alterações climáticas.

Portanto, os mecanismos de flexibilização presentes no Protocolo de Quioto devem ser entendidos como um esforço nesta direção e perspectiva na medida em que permitem que os países do Anexo B cumpram suas metas de redução de emissões ao menor custo possível.

Isto porque, como discutido anteriormente, o MDL pode possibilitar a captação de recursos e tecnologias para os países em desenvolvimento, associados a um menor custo de mitigação para os países desenvolvidos.

5. A Indústria Cervejeira no Brasil e no Mundo

O mercado nacional de cerveja iniciou-se com as primeiras indústrias brasileiras que surgiram na época da Proclamação da República, em 1889. Essas cervejas nacionais tinham um grau de fermentação tão alto que, mesmo depois de engarrafadas, produziam uma enorme quantidade de gás carbônico. O Brasil à época já era um dos maiores produtores mundiais da bebida (PSARRAS, 2008)

Atualmente, os Estados Unidos, seguidos de perto pela China, são os maiores produtores mundiais de cerveja e o Brasil, a despeito de sua grande população, ocupa a quinta posição com mais de 9 bilhões de litros produzidos ao ano em 2008 (Tabela 5) (ALAIC, 2009).

Tabela 4. Consumo per capita de cerveja em 2008

País	Consumo (L/hab ao ano)
Irlanda	205
Dinamarca	182
República Tcheca	174
Brasil	52

Fonte: ALAIC, 2009.

No setor industrial de produção de cervejas, a intensidade energética pode ser avaliada através de mensurações físicas e econômicas, uma vez que cada etapa do processo demanda certa carga térmica e um nível específico de eletricidade.

Na figura 15 é apresentado o fluxograma de processos para a produção de cervejas típico para a indústria brasileira (BARBOSA, 2008).

Figura 15. Fluxograma do processamento da cerveja
Fonte: Barbosa, 2008

A figura 16 mostra as intensidades médias consumidas de energia primária na produção de cervejas em países selecionados. O consumo de eletricidade considera as perdas na transmissão e distribuição, usando-se um fator de 3.08 para converter consumo final de eletricidade em consumo de eletricidade primária. Quanto maior a empresa e sua produtividade, menor tende a ser sua intensidade energética, uma vez que seus processos são mais eficientes.

Figura 16. Intensidades de energia primária em cervejarias de países selecionados
Fontes: Anheuser-Busch (2008)

Pela figura 16 verifica-se uma grande faixa de consumo de energia para diferentes países, salientando-se que no Reino Unido as necessidades de energia na produção são menores, uma vez que não se tem o hábito cultural de tomar cerveja pasteurizada naquele bloco (Lom & Associates, 2008).

A figura 17, a seguir, mostra as faixas de intensidade energética, em kBTu/barril, para a Alemanha em empresas de diversos tamanhos, sendo aquele um país com grande tradição no consumo da bebida. A classe V engloba as maiores cervejarias do país, com produção anual de mais de 500.000 hectolitros (hl/ano), tendo dessa forma menores consumos específicos de energia.

Figura 17. Intensidade energética típica para cervejarias alemãs
 Fonte: Anheuser-Busch (2008)

No Brasil, a empresa AmBev substituiu sua matriz energética, promovendo a substituição de combustíveis fósseis de elevadas emissões por outros menos poluentes. Levantamento de 2007 mostra que apenas 12% da matriz energética da empresa é composta por óleo combustível, sendo que 88% de toda a energia usada em seus processos provém de biogás, biomassa e gás natural.

Recentes trabalhos de eficiência energética na companhia mostraram que houve com isso sensível redução das emissões de CO₂ em suas plantas produtivas. De 2002 a 2007 reduziram-se em 33% as taxas de emissão de CO₂ (kg CO₂/hl), com novos projetos de eficiência energética e somente em 2007, deixou-se de emitir mais de 51.000 toneladas de CO₂ (BARBOSA, 2008).

Em suas plantas de Lages (SC), Agudos (SP), Teresina (PI) Cuiabá (MT) e Águas Claras do Sul (RS) foram substituídos cerca de 30.000 toneladas de óleo combustível por biomassas, como casca de coco de babaçu, madeira de reflorestamento e casca de arroz. Nas plantas de Jacareí (SP), Jaguariúna (SP), Jundiaí (SP) Guarulhos (SP) e Juatuba (MG) houve alterações parciais com a troca de gás natural por 2,4 milhões de m³ de biogás, proveniente de suas estações de tratamento de efluentes.

Assim, seguindo-se essa tendência mundial, as empresas nacionais vêm reduzindo sua demanda por energia elétrica, o que pode ser verificado entre os anos de 2001 e 2007, quando as 30 unidades da AmBev consumiram 8,64 kWh/hl (kilowatt-hora por hectolitro de cerveja fabricada), ao passo que em 2001 a demanda específica era de 9,51 kWh/hl, o que representou à companhia uma economia de 10,19%. Em linhas gerais, o consumo de energia por hectolitro de bebida produzido também reduziu de 109,1 MJ/hl em 2005 para 107,8 MJ/hl em 2007 (BARBOSA, 2008).

6. Estado da Arte em Eficiência Energética Térmica e Troca de Combustíveis

Mudanças ambientais como variações em padrões climáticos têm grande impacto na agricultura, em cursos de águas, promovendo tempestades, alagamentos e inundações de áreas próximas a rios e mares, bem como perdas de capital humano. Isto, geralmente, traz maiores consequências para a as camadas mais abastadas da população mundial, diferentemente do que ocorre em países desenvolvidos, os quais podem superar e financiar rapidamente as perdas materiais inerentes a este processo (MIT, 2008).

O impulso gerado pelas crises energéticas não se traduziu em um movimento para a troca de recursos não-renováveis por fontes alternativas sustentáveis de energia, em especial a biomassa, matéria orgânica proveniente de resíduos sólidos urbanos, resíduos e efluentes industriais, como o da indústria de alimentos e bebidas, dentre outras.

Embora também se possa fazer uso da biomassa gerada pelas atividades agropecuárias, de usinas de açúcar e álcool, laticínios, esgotos domésticos e unidades de tratamento de lixo urbano, ainda é necessária a implementação de soluções reais que venham diminuir os impactos ambientais gerados por seu uso não sustentável, de maneira que se gaste menor quantidade energética possível no processo como um todo (CENBIO, 2005).

No Brasil, no sentido de mitigar os efeitos nocivos dos poluentes despejados no meio ambiente, os processos aproveitamento de efluentes e resíduos para geração de biogás foram acelerados a partir da década de 1970, com o advento de duas crises do petróleo, tendo também havido enorme salto em diversos outros países que buscavam alternativas para a substituição econômica em sua matriz energética.

O consumo per capita de energia no mundo são intimamente ligados ao grau de desenvolvimento, conforme verificado na figura 18, a seguir, o que tem reflexos na demanda energética em todos os setores da economia. Entretanto, a resolução dos problemas referentes a desenvolvimento precisa ainda se adequar às demandas, à capacidade e oferta de recursos humanos qualificados, bem como disponibilidade de capital e pré-disposição cultural.

Figura 18. Consumo percapita mundial de energia por países selecionados em 2008

FONTE. Adaptado de MIT's Open Courseware on Sustainable Energy, 2008.

Na indústria brasileira de alimentos e bebidas, o consumo de energia é fortemente calcado em combustíveis fósseis e eletricidade. Esse seguimento tem papel fundamental para a economia do país, bem como para a balança comercial nacional, devido ao seu tamanho, competitividade, diversidade de produtos e por sua participação em nosso produto interno bruto.

Vê-se pelas tendências atuais de consumo de energia na indústria de alimentos, que há diversos processos com carga energética intensiva e em havendo incentivos e políticas de redução energética, e as empresas podem implementar medidas de redução de custos com energia.

O setor de alimentos concentra todas as empresas produtoras de gêneros de origem animal, leite e derivados, frutas e vegetais, grãos e derivados, panificação e confeitaria, açúcar e doces, óleos e gorduras, bebidas, química de alimentos e correlatos.

Em geral são indústrias energia-dependentes, seja no processamento, no estoque, na manutenção das características dos produtos, na promoção da segurança alimentar ou nas características bioquímicas e sensoriais dos produtos.

Os processos térmicos e de secagem, associados à adição de compostos químicos de propriedades bacteriostáticas são as técnicas mais comuns de preservação da qualidade dos alimentos, requerendo-se vultosas cargas energéticas, a citar, os processos de aquecimento, os quais são responsáveis por cerca de 30% de toda a energia

consumida pela indústria de alimentos, ao passo que os processos de resfriamento têm demanda de 16% do gasto com energia.

Consumidores atuais têm preferências por produtos de melhor qualidade, os quais, em geral, passaram por processamento com alto dispêndio energético e têm, assim, maior valor agregado. Este é o caso de cereais e produtos de panificação e confeitaria, preparações, bebidas não alcoólicas e frios, que correspondem por cerca de 40% do faturamento de toda o setor no que se refere a processos energo-intensivos (BARBOSA, 2008).

Dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2007 mostram que o consumo de energia pela indústria de alimentos e bebidas passou de 17,9 x106 tep para 17,6 x106 tep de 2004 a 2006, o que representa um crescimento de 1,9% ao ano. Segundo a ALAIC (2009), a maior parte dessa energia usada em processos de conservação, embalagem e estocagem, sendo a preservação e segurança alimentar estritamente dependente de controles de temperatura e pressão, e novas técnicas de embalagem requerem métodos assépticos e alterações eletroquímicas dependentes de energia, assim como as etapas de estocagem, em especial a cadeia do frio, onde se dispense grandes quantidades de energia, como em caminhões frigoríficos especiais, câmaras e equipamentos como os túneis de processamento às baixas temperaturas, seja para congelamento, resfriamento e estocagem (BARBOSA, 2008).

Destacam-se também os processos de remoção de água dos produtos, os quais muitas das vezes podem ser dependentes de combustíveis fósseis, sendo que em pequenas empresas ainda se requer muita carga térmica em tais processos, em detrimento da eficiência energética.

Em modernos sistemas, com recirculação de ar por meio de *dumpers* e com recuperação de calor pode-se reduzir o consumo de energia em mais de 40% (Batts, 2008).

Cerca de metade do uso final de energia em indústrias de alimentos e bebidas destina-se à transformação de matérias-primas em produtos processados. Isso necessariamente inclui aquecimento e resfriamento, refrigeração, movimentação de materiais (energia mecânica) e processos eletroquímicos (CAFFAL, 2005).

Menos de 8% da energia demandada pela indústria de alimentos e bebidas destina-se a processos não relacionados ao processamento dos produtos, como o aquecimento de ambientes, ventilação, refrigeração, iluminação, atividades administrativas e auto-geração de energia. Caldeiras representam por volta de 33% do consumo energético, uma vez que geram energia (vapor) a ser usado em processos com variados de usos finais (CAFFAL, 2005).

Nos Estados Unidos, por exemplo, o processamento de alimentos e bebidas, em si, demanda 78% de eletricidade, sendo que desta, 48% destina-se a movimentação de máquinas e equipamentos, 25% para resfriamento e refrigeração. Outros gastos representam 16% dessa eletricidade (DOE, 2009).

Iluminação, ventilação, aquecimento e ar condicionado são responsáveis por 12 a 16%. Quanto à energia proveniente do uso de óleo combustível usado em caldeiras, vê-se um consumo de 42%, ao passo que processos indiretamente relacionados à transformação de produtos, outros 42%. Destaca-se o transporte de materiais nesta categoria. O consumo de óleo combustível diretamente ligado ao processamento contabiliza cerca de 10%, em especial para vapor de processo (DOE, 2009).

Assim, fica evidente que os suprimentos de água, energia e tratamento de efluentes e resíduos são essenciais à indústria de alimentos e bebidas. Esses serviços, uma vez oferecidos a custos muito abaixo do mercado não são, em muitos casos, confiáveis, o que pode colocar a produção em risco e trazer desvantagens competitivas à empresa na acirrada competição, tanto no âmbito doméstico quanto em relação a produtores estrangeiros.

Neste sentido a indústria deve responder a esses desafios cortando custos e desenvolvendo, conjuntamente com universidades e centros de pesquisa, processos que consumam menos recursos naturais, que promovam a conservação de energia com ou sem remodelação de processos inovadores, seja por cogeração, geradores em *stand-by* e sistemas automatizados de gestão de demandas energéticas (CEC, 2008).

Assim, de maneira geral, em uma cervejaria pode-se abordar a eficiência energética sob vários aspectos, uma vez que essas indústrias dispõem de caldeiras e

linhas de transporte de vapor, motores para acionamento de materiais, bombas e compressores.

Sempre que o consumo de energia se mostre exacerbado, tais equipamentos necessitam de manutenção e substituição por tecnologias mais eficientes. Porém, uma das dificuldades da gestão de energia nestas empresas é a cuidadosa adoção de planejamento de medidas integradas em áreas críticas da produção, de forma que não haja paradas ou interrupção da produção, além do estritamente necessário. Outro ponto de destaque é o processo/operação que deve ocorrer de maneira a garantir que a tecnologia mais produtiva e eficiente em termos de recursos energéticos, materiais e financeiros estejam sempre em uso (SORRELL, 2007).

Nas cervejarias, a energia térmica é requerida para o cozimento do malte e conseqüentemente do fervura do mosto (Figura 19). Atualmente, nas etapas de resfriamento recupera-se calor para ser usado no cozimento do malte e de mosto, e vêem-se ainda oportunidades de recuperação de mais energia no resfriamento. O resfriamento do mosto após a fervura pode ser completado de duas maneiras: antes e depois do tanque *whirlpool*, uma vez que testes mostraram que o resfriamento do mosto a 89°C reduz o stress térmico, aumentando a estabilidade da bebida, deixando-a mais palatável (SINGLETON, 2007).

Figura 19. Consumo de energia em cervejarias por processo: a) energia total requerida e b) demanda por eletricidade
Fonte: OIT (2008).

Verificam-se diversas medidas específicas de eficiência energética identificadas para cervejarias nas etapas de cozimento do malte, fervura e resfriamento do mosto, controle de temperatura da fermentação, pasteurização e envasamento. Segundo Vollhalls (2007), medidas de recuperação de energia podem advir de:

- Redução de tempo de fervura;
- Uso de condensador de vapor para aquecimento de água de processos com ou sem aquecimento do mosto;
- Compressão mecânica do vapor;
- Compressão térmica de vapor
- Sistemas de cogeração

6.1. Sistema de Estocagem de Calor e Recompressão de Vapor

O aquecimento térmico e a compressão mecânica de vapor são geralmente usados na fervura à pressão atmosférica, uma vez que a compressão de vapor requer o uso de tachos encamizados para grandes quantidades de mosto.

Usando-se estes tachos em combinação com caldeiras de baixa pressão, requer-se uma temperatura de saída do mosto da ordem de 107°C a 108°C, e a escolha por um sistema de recuperação de energia dependerá da taxa de evaporação e dos custos de energias térmica e elétrica e da demanda por água na planta (VOLLHALLS, 2007).

Com relação à conservação de energia com o uso de um condensador de vapor, a massa de água evaporada na fervura possui alto conteúdo energético, e a condensação de 1 kg de vapor para 1 kg de água a 100°C fornece cerca de 2,260 kJ à pressão atmosférica.

Assim, uma soma considerável de calor pode ser conservada usando-se um condensador de vapor acoplado a um sistema (tanques) de estocagem de energia, como mostra a figura 20, abaixo. Em vez de se adotar um sistema de tanque único para estocagem de energia, pode-se optar por dois tanques, um contendo água a aproximadamente 97°C e outro com água a 80°C (Mignon e Hermia, 2007; , 2007; Linnhoff et al., 2002).

Figura 20. Esquema do ondensador de vapor acoplado (pressureless) ao sistema de estocagem de energia e aquecimento de mosto, onde 1) tanque de mosto; 2) destilador, 3) aquecedor de mosto; 4) condensador de vapor; 5) tanque de estocagem de energia

Fonte: Elaboração Própria a partir de visitas a empresas.

Atualmente adotam-se trocadores de calor a placas como condensadores, dada suas menores áreas ocupadas, e a energia recuperada é estocada em um tanque de água aquecida, que é usada para aquecer o mosto clareado antes da fervura Vollhalls (2007).

O vapor pode ser resfriado até cerca de 30°C usando-se água fria, o que é um pré-requisito para seu descarte no sistema de tratamento de efluentes. O condensado pode gerar água quente com temperaturas de até 85°C. De 4% a 5% de toda a evaporação seriam capazes de produzir água quente exclusivamente para o aquecimento do mosto (LINNHOFF et al., 2002).

O mesmo princípio pode ser aplicado para fervuras à baixa pressão, já que se trabalha com baixas taxas de evaporação, comparativamente a fervuras à pressão atmosférica, que resultam em menor produção de água quente. Caso se adote o condensador na zona de pressão, água de estocagem de energia com temperaturas de cerca de 100°C pode ser produzida (VOLLHALLS, 2007).

Na fervura à pressão atmosférica o vapor produzido tem temperaturas que se aproximam de 100°C. Assim, se este for comprimido a poucos décimos de bar de sobrepressão, sua temperatura subirá para 102°C a 108°C, o que o torna útil novamente aos processos de aquecimento. Isso pode ocorrer usando-se compressão mecânica ou por meio de um termocompressor (compressor de vapor a jato).

Estudos de Klein-Carl (2006) mostram que o condensado gerado no aquecedor pela condensação do vapor, deixa o processo cíclico através de um resfriador de vapor, e gera água quente para circulação no processo, conforme a figura 21.

Figura 21. Fervura de mosto por (A) vapor de compressão mecânico e (B) térmico: 1 – Tanque de mosto; 2 – Tacho encamisado; 3 – caldeira externa; 4 – resfriador de condensado; 5 – condensador de vapor; 6 – aquecedor de mosto; 7 – tanque de balanço térmico; 8 – tanque de estocagem de calor; 9 – bomba jato de vapor pobre

Fonte: Elaboração Própria a partir de visitas a empresas.

Segundo Vollhalls (1994), fazendo-se uso de um compressor mecânico, o vapor pode ser comprimido a pressões entre 0.3 e 0.4 bar, havendo recuperação de calor no vapor, que aquecerá o mosto, permitindo que o processo continue por meio desse sistema.

O uso adicional de condensado já não é possível, pois os vapores são direcionados de volta ao processo de fervura, e consequentemente o mosto clareado não é pré-aquecido quando a recompressão mecânica é empregada (Figura 22 A).

Na compressão térmica, o vapor vivo proveniente da caldeira com sobrepressão de 8 bar até 18 bar é alimentado na bomba de vapor a jato, onde o vapor chega a ser comprimido a cerca de 0.1 a 0.4 bar de sobrepressão. Cerca de 30 a 35% do vapor é condensado para produzir água quente para pré-aquecimento do mosto (Figura 22 B).

Todos esses métodos visam à obtenção de maior eficiência energética nas indústrias de bebidas em geral, e as maiores oportunidades de aplicação encontram-se nos processos em cervejarias.

6.2. Recuperação de CH₄ em sistemas de tratamento de efluentes e substituição de fontes fósseis

O processo anaeróbio que ocorre nos digestores de lodo das estações de tratamento de esgotos urbanos gera o mesmo biogás dos aterros sanitários e seu aproveitamento energético utiliza os mesmos princípios tecnológicos e os mesmos equipamentos para tal.

Segundo Ince et al (2001) a captação do gás é, porém, mais simples, pois sua geração ocorre em ambientes confinados, diferentemente dos aterros, que envolve uma operação de sucção do interior das camadas, com maior grau de complexidade técnica. A desvantagem desse aproveitamento é a ainda baixa porcentagem de esgotos tratados no país.

Ao serem tratados, os efluentes industriais têm sua concentração de oxigênio reduzida, havendo crescimento de microorganismos anaeróbios facultativos, e em maior quantidade, de anaeróbios estritos. Numa primeira fase os microorganismos hidrolisam a matéria orgânica particulada em suspensão, formando compostos menores - carboidratos, lipídeos e proteínas - que se dissolvem no meio, mas que têm dificuldades para adentrarem as células bacterianas. Assim, podem apenas ser degradados pela ação hidrolítica de enzimas extracelulares (celulases, hemicelulases e outras). (FORESTI, 2008).

Os produtos resultantes destas reações - oligômeros e monômeros – de tamanho pequeno o suficiente para penetrar nas células, que como substratos são então

metabolizados por enzimas intracelulares, formando ácidos orgânicos, cetonas, álcoois, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, a fase de acidificação, em que os organismos obtêm energia pela transformação da matéria orgânica hidrolisada, processo este distinto biologicamente da primeira etapa.

Os metabólitos produzidos pelas bactérias acidogênicas dissolvem-se no meio, servindo de substrato às bactérias acetogênicas, que produzem compulsivamente o gás hidrogênio como metabólito (NOGUEIRA, 2006).

Na terceira fase (acetogênese), as cepas acetogênicas convertem ácidos graxos de mais de dois carbonos na cadeia a ácido acético, dióxido de carbono e gás hidrogênio, usados como substratos pelos microorganismos metanogênicos, em seguida.

Na última fase, a quarta, as substâncias orgânicas menores formadas na fase anterior são consumidas por bactérias metanogênicas anaeróbias estritas, produzindo gás metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (HARDWICK, 2008).

O pH do efluente de cervejarias está na faixa de 7,0, e pode variar de 6,8 a 7,3. Após o equilíbrio do Ph no meio - ao redor de 7 - há uma sensível redução da solubilidade de compostos inorgânicos, havendo, então redução nas concentrações de ácidos voláteis simples, promoção do aumento do pH, e queda na DBO (IPT/CEMPRE, 2008). O fluxograma simplificado do processo da decomposição anaeróbia é apresentado na Figura 22.

Figura 22. Fluxograma do processo de decomposição anaeróbia.

Fonte: Elaboração própria.

Os resíduos sólidos e efluentes industriais podem ser processados para a geração de biogás e estima-se que os custos deste energético (produzido a partir de efluentes e

resíduos industriais) sejam da ordem de 0.7Mi a 1.1Mi US\$ /BTU, valor cerca de 6 vezes menor que aquele produzido a partir de esgoto doméstico (MIT, 2009).

Dentre as alternativas de tratamento de efluentes das indústrias cervejeiras, destacam-se os reatores anaeróbio de leito fluidizado e o modelo de fluxo ascendente em manto de lodo, conhecido pela sigla UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

Estudos realizados por Yon-ming (2008) em escala piloto para tratamento de efluentes em uma cervejaria de Pequim (China) apresentam as seguintes características:

- Modelo implementado:

reator anaeróbio de leito fluidizado com decantador primário para remoção de sólidos

- Caracterização dos efluentes:

- $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\text{DQO} = 2.500\text{ mg/L}$
- $\text{Alcalinidade} = 600\text{ mg/L}$

Após correção do pH e adição de nutrientes, obteve-se:

- Eficiência de remoção de DQO = 85 %
- Produção de gás = $0,45\text{ m}^3/\text{Kg DQO}$ (metano = 75 %)
- Aplicando-se uma carga de 27 - 30 Kg DQO/ m^3 .dia
- TDH de 2,5 horas.

A partir destes dados de referência, os quais estão de acordo com os parâmetros médios de efluentes de cervejarias brasileiras (CETESB, 2009), pôde-se estimar o potencial nacional de geração de energia com o biogás dos efluentes da produção brasileira de cervejas. Aqui, considera-se que a produção de nacional em 2009 de

9.000.000 m³ (90.000 HL) e o consumo relativo de eletricidade é de 12 kWh/HL (ALAFAC, 2009).

A opção pela conversão energética do gás metano em eletricidade pode se dar por meio de duas tecnologias: o motogerador ciclo Otto ou turbinas/microturbinas a gás ciclo Bryton, com esquematizados nas figuras 23 e 24, a seguir.

i) Moto-geradores ciclo OTTO, Consumo Típico: 14,82 m³/Kw

Figura 23. Esquema de funcionamento de motores ciclo Otto

Fonte: (BARBOSA, 2008)

ii) Turbinas Ciclo BRYTON, Consumo Típico: 15,94 M³/kW

Figura 24. Esquema de turbina a gás ciclo Bryton

Fonte: (BARBOSA, 2008)

Assim, calculando-se o consumo elétrico anual total de 1.080.000 kWh (1080 MWh ou 1,08 GWh) para o setor e sabendo-se que com esse volume produzido, o lançamento anual de efluentes é de 62.100.000 m³ com carga de DQO de 194,2 kgDQO/dia, tem-se um potencial estimado de geração de biogás de cerca de 3.655.710,72 m³.

Desta forma, estima-se que o potencial nacional de geração de eletricidade no setor, com o aproveitamento do biogás das ETEs (fração mássica de metano de 65% e eficiência na conversão de 37%), será:

Potencial = 3.655.710,72 m³ x 0,65 x 0,7168kg CH₄/m³ x 0,37 x 7300 kcal/kg x 4,18 kJ/kcal x (1h/3600s) = 515.550,77 kWh (515,6 MWh ou 0,516 GWh) gerados anualmente.

Com um consumo anual de eletricidade de 1,08 GWh, o potencial calculado de 0,516 GWh atenderia, teroricamente, a 48% da demanda por eletricidade das linhas de produção do setor cervejeiro.

7. Estudo de caso

Este estudo de caso apresenta dois projetos propostos pela empresa KF, com plantas em São Paulo e no Paraná. Nesta empresa buscou-se discutir a viabilidade de implementação de alguns projetos no sentido de se obter reduções certificadas de emissões.

Tais projetos englobam-se nas modalidades de “projetos de pequena escala para geração de créditos de carbono”, conforme classificado pela CQNUMC, uma vez que reduzem menos de 60 ktCO₂ equivalente por ano.

7.1. Apresentação do Caso

A produção de cervejas consiste de muitos processos os quais requerem controles estritos de temperatura, pressão, sendo as operações unitárias envolvidas nessas etapas extremamente dependentes de expertise e controle de processos para sua adequada execução.

Os projetos de conservação de energia são praticamente inexistentes em cervejarias. Assim, ações e tecnologias que venham, economicamente, estabelecer padrões mínimos de dispêndio energético podem elevar os ganhos dessas empresas e ampliar os horizontes dos gestores e investidores para implementação de unidades mais modernas e energeticamente sustentáveis. Isso porque se sabe que tecnologias inovadoras e eficientes e boa gestão empresarial são duas das principais ferramentas para o sucesso de projetos que visem ao desenvolvimento da atividade industrial.

Neste estudo, buscou-se primeiramente determinar, por meio de um diagnóstico energético qualitativo e quantitativo, os consumos de vapor, combustíveis fósseis e eletricidade nos principais processos da empresa, para que se soubessem quais eram as demandas energéticas e onde estaria e quais seriam as reais oportunidades para implementação das principais medidas de eficiência energética térmica e de troca de combustíveis fósseis.

A empresa escolhida para o estudo de caso (KF) a seguir, tem plantas localizadas no Paraná (Planta A) e em São Paulo (Planta B). Na sequência, seguem os consumos típicos de energia nos processos da planta de produção na cervejaria, segundo dados coletados em visita pessoal e pelos questionários passados com os especialistas.

- **Consumo de vapor** - 40~50% do vapor é consumido na sala de cozimento (produção de grande flutuação) e 20~30% do vapor é demandado na área de envase/*packaging* embalagem (processo contínuo e demanda constante de energia);
- **Consumo de energia elétrica** - 30~50% da energia elétrica consumida se dá na refrigeração;
- **Carga de resfriamento** - 30~50% dessa carga ocorre no resfriamento de água, especialmente para produção de água gelada de processo.

Destaca-se que grande quantidade de vapor é também consumida nas etapas de limpeza/higienização de equipamentos, embora esses processos ocorram em curtos intervalos de tempo. A figura 23, a seguir, mostra o perfil do consumo horário de vapor nas três principais etapas do processo de produção para a planta A, o que se repete para a planta B, cujos processos são exatamente os mesmos.

Figura 25. Perfil de consumo de energia térmica no processo produtivo
 Fonte: Controle de processos KF, 2009.

Nessa, para a implementação de medidas de eficiência energética nos processos de produção de cerveja, desde a fermentação até o envasamento do produto, os quais demandam grandes volumes de vapor e água quente, propôs-se adotarem-se as seguintes medidas:

1. Instalação de sistema de recompressão de vapor e uma bomba de calor na etapa de pasteurização, conforme visto nas figuras 25 e 25, respectivamente.

Figura 26. Esquema proposto para recompressão de vapor
Fonte. Elaboração própria a partir de informações da empresa

Figura 27. Esquema da bomba de calor para cervejarias
 Fonte: elaboração própria a partir de visita à planta B

2. Instalação de sistema de geração e coleta de biogás da ETE para posteriormente ser utilizado em substituição a combustíveis fósseis como fonte de energia térmica em caldeiras, conforme ilustrado na Figura 26, a seguir.

Figura 28. Esquema do projeto de uso de biogás e biomassa em caldeiras
 Esquema do projeto de uso de biogás e biomassa em caldeiras
 Fonte: elaboração própria a partir de visita à planta B da KF

7.2. O Sistema de Recompressão de Vapor

Grande quantidade de vapor é requerida pelo tanque de fervura de mosto (*wort kettle*, em inglês) e geralmente são lançadas na atmosfera grandes quantidades de vapor residual, energia esta passível de ser recuperada por recompressão.

O sistema sugerido de recompressão de vapor tem a capacidade de elevar a temperatura desse vapor residual através de compressores eficientes (de alta performance) com potência de 110 kW. O vapor comprimido é reaquecido e pode então ser reutilizado na etapa anterior da batelada subsequente.

Como o compressor funciona com hidroeletricidade, e há baixa emissão de gases de efeito estufa no processo, vislumbra-se o ganho das reduções de emissões e na geração de créditos de carbono.

No sistema de recompressão de vapor de descarga e geração de água quente com condensado no tanque de cozimento de mosto, requer-se a instalação dos seguintes equipamentos:

- VRC (Compressor de Vapor);
- Termo-compressor (Ejetor de Vapor);
- Depurador de Vapor (Scrubber);
- Aquecedor de água para recuperação de calor do condensado;
- Tanque Estratificado (Tanque pulmão de água quente industrial);
- Pré-Aquecedor de mosto (trocador de calor a placas);
- Pré-Resfriador de mosto (trocador de calor a placas);
- Tanques de recuperação de condensado;
- Equipamentos de instrumentação e controles dos processos.

7.3. Sistema bomba de calor para pasteurizadores

Esse sistema, que promove melhor aproveitamento de calor residual com redução no consumo de vapor e água, traz como principais equipamentos:

- Unidade Bomba de Calor: compressor (*pistão M*) e trocadores de calor a placas;
- Conjunto de bombas centrífugas e
- Torre de resfriamento.

Na figura 27, a seguir, apresenta-se o as diferenças de temperatura entre a cerveja e o vapor, no sistema de pasteurização ao longo das bateladas.

Figura 29. Gradientes de temperatura da cerveja e do vapor em bateladas de pasteurização
 Fonte: Controle de processos KF

7.4. Geração de de Metano e Geração de Energia Elétrica

Para a avaliação do potencial de geração de energia com o biogás da ETE, que trata os efluentes ricos em matéria orgânica proveniente dos resíduos agroindustriais como o bagaço de cevada da fabricação de cerveja ou as muitas formas de lodos orgânicos; as indústrias não precisam necessariamente investir na construção de digestores, mas simplesmente bombeá-los ou transportá-los para unidades ociosas de digestão de esgotos ou podem optar pela formação de um “pool” de indústrias para extração da fração energética de seus lodos.

Assim, para a disposição final dos lodos previamente digeridos, pode-se optar pela destinação à alimentação de animais, o que já ocorre com o resíduo não digerido da cevada de cervejarias. Os lodos orgânicos podem também ser processados em secadores, resultando em pó, que após peletizado, presta-se à queima em caldeiras a

biomassa, contribuindo para geração de vapor e termoeletricidade sem a co-combustão de fósseis.

Na figura 28, são apresentadas as principais etapas de um sistema de tratamento de efluentes industriais, em que são mostrados os parâmetros físico-químicos típicos dos gases e do efluente.

Figura 30. Sistema de tratamento de efluentes com geração e captação de biogás para fins energéticos
Fonte: elaboração própria a partir de visita à planta B da KF

Destaca-se que empresas industriais e de saneamento estão também tentando viabilizar o aproveitamento da enorme quantidade de lodo gerado em suas estações de tratamento de efluentes e esgotos para a geração de energia. Estudos iniciais mostram a sustentabilidade desse aproveitamento e sua atratividade ambiental e econômica.

Estudo realizado na Estação de tratamento de Efluentes (ETE) da empresa apresentaram as seguintes características:

- * T = 26 °C
- * DQO = 2.692 mg/L
- * DBO = 1.407 mg/L

- * SS = 280 mg/L
- * Alcalinidade = 664 mg/L

Após correção do pH e adição de nutrientes, obteve-se:

- * Carga aplicada de 4,9 Kg DQO/m³dia
- * Efluente final com alcalinidade = 1.200 mg/L
- * Eficiência de remoções de DQO = 89 %
- * DBO = 92 %
- * SST = 74 %,
- * SSV = 77 %
- * Produção de gás de 0,45 m³ de CH₄/Kg DQO aplicada (metano = 70 %)
- * TDH de 13,3 horas.

Com estes dados, a geração de gás metano, em função da carga de DQO aplicada, para cada metro cúbico de efluente lançado, a taxa de geração de biogás é de 2,205 m³ e sabendo-se que a fração volumétrica de metano neste gás é de 70%, o potencial de geração de energia térmica do gás, com caldeiras de 88% de eficiência é de 14,82 MWh_{th} para cada m³ de efluente tratado nesse sistema.

7.5. Análise Econômico-Financeira dos Projetos

Neste capítulo será desenvolvida a avaliação econômica de Projetos de troca de combustíveis, contabilizando o incentivo dos créditos de carbono com base na análise dos custos de investimento para redução de consumo energético.

A opção dos agentes investidores pela manutenção dos sistemas e processos antigos em detrimento a investir em plantas modernas, capazes de reduzir seus consumos de eletricidade do grid, bem como de consumirem menores quantidades de combustíveis de origem fóssil, passando a utilizarem biomassa renovável se baseia em uma série de entraves históricos à concretização deste potencial.

Segundo Souza e Azevedo (2006), preços voláteis de energia elétrica, incertezas do marco regulatório, custos de oportunidade do uso do biogás e por vezes, a baixa liquidez do mercado de créditos de carbono são entraves históricos aos investidores quando da opção por projetos de plantas produtivas de maior eficiência energética, bem como para autogeração de eletricidade.

Mas destaca-se que positivamente, a atual estrutura do setor elétrico brasileiro é bastante favorável a geração de bioelectricidade e à conservação de energia, dada a necessidade de se promover a segurança da oferta de energia na matriz brasileira, bem como é premente a necessidade da mitigação do aquecimento global, o que torna evidente o uso de fontes renováveis de energia, as quais são primordiais neste cenário.

Outrossim, o marco regulatório vigente, o ambiente organizacional e a oferta de tecnologias e processos mais eficientes energeticamente podem contrabalancear os entraves mencionados.

O elevado crescimento do mercado de créditos de carbono, discutido na secção anterior, revela a relevância do tema, demonstrando que o elevado crescimento do mercado voluntário de carbono eliminou a falta de liquidez no mercado de carbonos, o que era tido como um dos entraves às medidas de eficiência energética, à substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável e à geração de excedentes de eletricidade.

Ademais, as RCE ao impactarem positivamente a rentabilidade do investimento se constituem em um fator crucial à promoção de medidas aseadas em novas e mais eficientes tecnologias e em processos que disseminem a autogeração para a comercialização de excedentes de energia no setor industrial.

A seguir, são analisados os indicadores econômicos de projetos de investimento com as características das plantas que foram adotadas para estudo de caso. Tal análise é feita sem que sejam contabilizados os créditos de carbono. Na sequência são conduzidas análises considerando as receitas dos créditos de carbono, de forma que a comparação de indicadores econômicos nos permita mensurar o impacto dos créditos de carbono na rentabilidade das medidas de substituição de combustíveis e de eficiência energética.

As estimativas de custos de investimento, as projeção de receitas provenientes da redução do consumo de energia elétrica, os custos, despesas financeiras, deduções estimadas, a estimativa do fluxo de caixa dos projetos são variáveis chave na análise da viabilidade econômica em projetos de conservação de energia e substituição de combustíveis.

Faria (2008) ressalta que a análise dos saldos dos fluxos de caixa descontados é uma das formas mais adotadas por analistas de investimentos quando da mensuração do desempenho financeiro dos projetos. Esses fluxos são, então, o saldo de uma sucessão de pagamentos e recebimentos em determinado período de tempo que faz o caixa do projeto de uma empresa.

Porém, ainda para esse autores, a análise de projetos em energia não deve se restringir aos indicadores econômicos, já que o que se observa é a internalização na análise econômica dos impactos ambientais dos projetos de forma gradativa.

Atualmente o impacto ambiental mais palpável se deve às emissões de GEE, que são quantificadas por meio do mercado de créditos de carbono, destacando-se que as análises de quantificação dos impactos ambientais são muito complexas, não estando no escopo do presente estudo.

Assim, os principais indicadores da viabilidade econômica de um projeto são: a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL). A seguir são apresentadas as respectivas definições dos indicadores que serão considerados na análise econômica:

- Taxa Interna de Retorno (TIR): é a taxa de desconto que iguala a zero o somatório dos fluxos de caixa do projeto. A TIR indica se a rentabilidade do projeto excede uma mínima taxa de retorno aceitável. A TIR é um indicador percentual, o que permite a comparação entre projetos de tamanhos distintos.

- Valor Presente Líquido (VPL): é o somatório de todos os fluxos de caixa do projeto descapitalizados a uma taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade do capital.

Neste estudo a modelagem será realizada a preços constantes, ou seja, não serão considerados os impactos da inflação durante o período de operação do projeto. Ademais, a precisão do fluxo de caixa depende da exatidão dos dados, o que não ocorre ao se trabalhar com estimativas.

Alterações nos dados ao longo do tempo tornam impedimentos que não permitem assumir indicadores econômico-financeiros estimados como sendo verdadeiramente absolutos.

Para maior clareza e didatismo, a análise de viabilidade econômica dos projetos deve ser conduzida a partir de cenários alternativos, em que deve variar as principais contas que impactam sobre o fluxo de caixa. Nos projetos em questão, as variáveis com maior grau de incerteza é a remuneração pela economia de combustíveis e de eletricidade. Assim, as análises apresentarão tabelas mostrando a sensibilidade da TIR às variações dos preços do óleo combustível, gás natural e eletricidade. Na sequência é apresentada a estrutura do fluxo de caixa do estudo de caso:

a) Demonstrativo de Resultados do Exercício – DRE

Receita proveniente da venda de energia

(-) Perdas

(-) Impostos sobre a Receita

PIS/PASEP

COFINS

(=) Receita Operacional

(-) Custos / Despesas Operacionais

Despesas fixas

Despesas variáveis

Seguro operacional

Despesas com combustíveis

Depreciação média

Diferimento de despesas pré-operacionais

(=) Lucro Operacional

(-) Despesas Financeiras

Juros do(s) financiamento(s)

Remuneração do capital próprio (juros limitados à TJLP)

(+) CPMF

(=) Lucro Antes do Imposto de Renda (LAIR)

(-) Impostos sobre o LAIR

Imposto de renda

- Contribuição social
- Imposto de renda retido na fonte
- (-) CPMF
- (=) Lucro Líquido

b) Fluxo de Caixa

Lucro Líquido

- (+) Depreciação média
- (+) Diferimento de despesas pré-operacionais
- (+) Remuneração do capital próprio (juros limitados à TJLP)
- (+) Valor residual
- (-) Amortização do(s) financiamento(s)
- (+) Financiamento
- (-) Custos de investimento
- (-) Impostos na construção/montagem
- (=) Fluxo de Caixa Líquido

Destaca-se que a contabilidade dos projetos adota o critério do exercício e não o do caixa, de tal forma que não se pode saber exatamente qual a receita líquida e nem o montante de custos e despesas (saídas de caixa), o que gera a necessidade de se ajustar os dados para se passar do lucro líquido para o fluxo de caixa líquido. Neste estudo de caso, por questões didáticas e de simplificação, assumiu-se os mesmos valores para o resultado do exercício e para o fluxo de caixa, de maneira que não houvesse a necessidade de se fazer ajustes.

Para a condução da análise da viabilidade econômico-financeira, partiu-se de premissas relativas às principais variáveis econômicas do projeto, a saber: o custo do investimento, a remuneração da energia economizada, a economia de combustíveis fósseis e as condições de financiamento.

Os equipamentos necessários em uma planta industrial baseada em biomassa para geração de energia e no aproveitamento de biogás de ETEs irão impactar o balanço de pagamentos brasileiro.

Para o financiamento dos investimentos, partiu-se da premissa de que metade do montante a ser investido será capital próprio da empresa e os outros 50% serão capital emprestado, por exemplo, junto ao BNDES, com prazo de amortização de uma década.

Segundo Faveret (2007), a linha de crédito para investimentos em projetos de geração distribuída e eficiência energética no setor agroindustrial adota o custo formado pela soma entre o custo financeiro e a remuneração do BNDES, associada a uma taxa de risco de crédito do BNDES.

Assim, o custo do financiamento é formado pela taxa de juros de longo prazo (TJLP) adotada referencialmente a 6,25% (valor de meados de 2009), somando-se a isto a taxa de remuneração do BNDES com investimentos em na área energética renovável, que é de 1%, sendo que a taxa de risco de crédito adotada é de 0,8%, assumindo-se fiança bancária, o que dá uma taxa de juros para o financiamento de 8,05%.

Nos cálculos de conversão monetários, adotou-se a taxa de R\$ 1,80 por US\$ 1.00 e de R\$ 2,70 por € 1,00. A taxa de desconto adotada é de 12%, sendo este o benchmark da empresa para projetos em suas plantas, o que vai de encontro com estudos de Corrêa e Ramon (2008). Ademais, admitiu-se o custo de 200.000 dólares em investimentos para a comercialização dos créditos de carbono nos cenários onde os mesmos sejam transacionados.

Para Ferreira (2007), o custo do investimento para implementação de medidas de eficiência energética térmica bem como para promoção da autogeração baseada em biomassa, está em torno de R\$ 3.000,00/KW instalado. Na Tabela 6 a seguir são apresentados os principais dados coletados em duas plantas industriais visitadas, discriminadas a seguir como Planta A e Planta B.

Tabela 5. Demanda energética e potencial de uso de biogás e biomassa

Planta A	Carga Térmica Geral (MWh/ano)	18.581	Custo Anual
	Consumo Gás Natural (Nm³)	6.500.000	R\$ 2.080.000,00
	Demanda elétrica (MWH/ano)	17.078	R\$ 3.757.050,00
	Biogás Gerado na ETE (m³/ano)	227.500	R\$ 0 (geração própria)
	Potencial de uso de biomassa (ton)	9.290	R\$ 557.423,93
Planta B	Carga Térmica Geral (MWh/ano)	35.948	Custo Anual
	Consumo Óleo BPF (ton/Ano)	4.300	R\$ 1.315.800,00
	Demanda elétrica (MWH/ano)	12.433	R\$ 2.735.326,00
	Biogás Gerado na ETE (m³/ano)	237.600	R\$ 0 (geração própria)
	Potencial de uso de biomassa (ton)	17.974	R\$ 629.090,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da empresa

Conforme apresentado na tabela 6, cujos valores foram obtidos a partir dos dados coletados na empresa, estimou-se um potencial de substituição do GN por biomassa (briquetes de woodchip, bagaço e palha de milho e soja) bem como a possibilidade de uso do biogás gerado nas ETEs para geração de eletricidade e alimentação da própria estação e de parte da iluminação da empresa.

7.5.1. Potencial de Créditos de Carbono de Cervejarias – Linha de Base e Reduções de Emissões

O aproveitamento de energias residuais e a substituição de combustíveis fósseis em cervejarias constituem-se em importantes fatores para a promoção do desenvolvimento sustentável, podendo, muitas vezes, gerar créditos de carbono.

Os principais energéticos consumidos nas indústrias cervejeiras são a eletricidade e o óleo combustível de baixo ponto de fluidez (BPF). Porém, é preciso ressaltar a necessidade de adicionalidade para que um projeto seja considerado um projeto de MDL ou mesmo de Padrão Voluntário.

A adicionalidade de um projeto de MDL requer a construção de uma linha de base consistente, pois a comparação entre um projeto e sua linha de base permite quantificar as reduções de GEE, que levam à comprovação de sua adicionalidade. A linha de base para projetos de bioenergias deve considerar a fonte energética primária que abasteceria a rede, no suposto cenário de referência, gerando as emissões de GEE a serem reduzidas.

No caso brasileiro, a determinação de uma linha de base correta para fontes renováveis de energia é ainda mais complicado pois se verifica uma predominância da eletricidade hídrica no conjunto da oferta.

Assim, a linha de base para empreendimentos de geração de energia elétrica por fontes renováveis será a média entre a chamada margem operacional e a margem construtiva do sistema energético nacional. (NAE, 2005).

Os cálculos do fator de emissão acima não fazem parte do escopo desse trabalho, uma vez que o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) apresenta anualmente os Fatores de Emissão do grid brasileiro, que neste trabalho adota dados de 2008, correspondentes a 0,3112 tCO₂/MWh.

a) Planta A – Essa planta usa gás natural hoje, mas foi identificada a possibilidade troca para biomassa, dada a característica local de grande produtividade

agrícola e silvícola, com excedentes de biomassa renovável como lascas de madeira (*woodchips*), palha e sabugos de milho, palha e bagaço de cana, palha de soja, dentre outras culturas, as quais podem ser disponibilizadas para a empresa.

Nesta planta estão em uso atualmente duas caldeiras com produção de vapor de 30 ton/h à pressão de 10 Bar, com demanda mensal de gás natural de 6.500.000 Nm³ e o volume de biogás gerados nos reatores anaeróbios da ETE mensalmente é de 227.500 m³ para dois reatores em operação atualmente, capazes de fornecer um aporte energético de cerca de 5.900 GJ para a planta.

A demanda anual de eletricidade na planta em 2009 foi de 17.077,5 MWh e com uma carga térmica geral de 21.470.000 Kcal/h nas caldeiras e de 2.815.000 Kcal/h No sistema de refrigeração, pode-se calcular a geração de créditos de carbono pela substituição da fonte de energia fóssil (gas natural) por biomassa.

Os cálculos do potencial de geração de eletricidade com o biogás das ETEs e do créditos de carbono de tais processos basearam-se no fator de emissão do ano de 2008, que é de 0,3112 tCO₂/MWh; na fração de metano no gás de 60% e na eficiência de conversão de energia térmica em energia elétrica de 35%, conforme a equação abaixo, especificada na metodologia UNFCCC AMS-ID, para cálculo de reduções de emissões por substituição da eletricidade da rede por energia elétrica autogerada por meio de fontes renováveis, como demonstrado a seguir:

$$ER = V_{\text{biogás}}[\text{m}^3] * \eta_{t/e} * C_{p\text{CH}_4}[\text{kJ}/\text{m}^3] * 1\text{h}/(3600\text{s} * 1000) * \chi * EF[\text{tCO}_2/\text{MWh}]$$

Onde:

$V_{\text{biogás}}[\text{m}^3]$ = volume de biogás queimado

$\eta_{t/e}$ = Eficiência de conversão termoelétrica

$C_{p\text{CH}_4}[\text{kJ}/\text{m}^3]$ = capacidade calorífica do metano

χ = Fração de CH₄ no biogás

$EF[\text{tCO}_2/\text{MWh}]$ = fator de emissão do sistema elétrico nacional

Assim, para a produção de biogás mencionada, têm-se:

$$ER = 227.500 \text{ m}^3 * 0,7 * 9400 \text{ kcal/m}^3 * 4,18 \text{ kJ/kcal} * 0,35 * 0,3112 \text{ tCO}_2/\text{MWh} * 1\text{h}/(3600 \text{ s}) * (1 \text{ MJ}/1000 \text{ kJ})$$

ER = 189,32 tCO₂/ano e o potencial para autogeração de eletricidade é de 608,3 MWh/ano.

O cálculo dos créditos de carbono das medidas de eficiência energética térmica para esses projetos basearm-se na ferramenta de cálculo para estimativa de emissões de linha de base em projetos de substituição de combustíveis fósseis por biomassa, conforme metodologia AMS-1C, para projetos de geração de energia térmica a partir de fontes renováveis de energia para de reduções de emissões máximas de 60.000 tCO₂/ano, em que:

$$BE_{thermal,CO_2,y} = (EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) * EF_{FF,CO_2}$$

Onde:

$BE_{thermal,CO_2,y}$ = Emissões de CO₂ na linha de base pelo vapor/calor gerado no ano y

$EG_{thermal,y}$ = Quantidade bruta de calor/vapor pelo projeto (TJ) no ano y

EF_{FF,CO_2} = Fator de emissão do combustível fóssil (tCO₂/TJ), como definido pelo IPCC

$\eta_{BL,thermal}$ = A eficiência da geração de vapor com combustível fóssil sem o projeto implementado

Assim, na tabelas 6, a seguir, são apresentados os resultados de geração de créditos de carbono pelas medidas de troca de combustíveis e para o uso do biogás da ETE para geração de eletricidade.

Tabela 6. Créditos de carbono de troca de combustíveis e uso de biogás em caldeira

Planta	A (Paraná)
Tipo de troca de combustíveis	Gas natural por biomassa (woodchip)
RCE - Troca de combustíveis	10.768 tCO ₂ /ano
RCE - Uso do biogás das ETEs	162 tCO ₂ /ano
Total	10.930 tCO ₂ /ano

Fonte. Elaboração própria

b) Planta B - A planta B dispõe de 2 caldeiras de 7 kgf/cm² de pressão, as quais anualmente 4.300 ton de óleo combustível (óleo BPF). Para esta situação estimou-se a substituição por bagaço de cana de açúcar, na taxa de 9.600 ton/ano, uma vez que Araraquara está localizada em uma região de grandes lavouras de cana.

O consumo médio anual de eletricidade nos três últimos anos foi de 12.433,3 MWh. A planta B tem carga térmica geral (caldeiras e refrigeração de 41.472.000.000 Kcal e o volume de biogás gerado na ETE é de 19.800 m³/mês. As estimativas de créditos de carbono para esta planta com relação à substituição de combustíveis e do uso do biogás como fonte de energia.

Para a produção de biogás mencionada, a partir da equação abaixo, têm-se:

$$ER = 19.800 \text{ m}^3 * 0,7 * 9400 \text{ kcal/m}^3 * 4,18 \text{ kJ/kcal} * 0,35 * 0,3112 \text{ tCO}_2/\text{MWh} * 1 \text{ h}/(3600 \text{ s}) * (1 \text{ MJ}/1000 \text{ kJ})$$

ER = 52,5 tCO₂/ano e o potencial de geração de eletricidade é de 170,14 MWh/ano.

Na tabela 7, a seguir, são apresentados os resultados de geração de créditos de carbono pelas medidas de troca de combustíveis e para o uso do biogás da ETE para geração de eletricidade na planta B.

Tabela 7. Créditos de carbono de troca de combustíveis e uso de biogás em caldeira

Planta	B (São Paulo)
Tipo de Troca de Combustíveis	BPF por Biomassa (Bagaço de Cana)
RCE Troca de Combustíveis	5.566 tCO ₂ /ano
RCE Uso do biogás das ETes	45 tCO ₂ /ano
Total	6.611 tCO₂/ano

Fonte. Elaboração própria

A Tabela 8 apresenta os resultados da geração de RCE para a Planta B e a Tabela 9 resume os RCE de ambas as plantas analisadas.

Tabela 8. Resumo de RCEs para as plantas A e B

Planta	A	B	Total
Tipo de Troca de Combustíveis	GN por Biomassa (woodchip)	BPF por Biomassa (Bagaço de Cana)	
CERs da Troca de Combustíveis	10.768	5.566	16.334
CERs do Uso do biogás das ETes	162	45	207
CERs das Medidas de Eficiência Energética Térmica	531	387	918
Total			17.459

Fonte. Elaboração própria

Em seguida, a partir das demandas máximas de vapor de processo nas etapas de cozimento *envase/packaging*, que representam respectivamente, 50% e 30% de todo vapor consumido nas plantas da empresa, de posse das demandas por eletricidade, conforme tabela 10 e com base na evolução de preços do óleo combustível e do gás natural (MME,2009), para o mês de junho de 2009.

Ademais, adotou-se o valor representativo da relação a relação investimento/economia de energia de R\$ 3.000.000/MWh (térmico e elétrico), que de acordo com Ferreira (2007) é típico para tais projetos em energia térmica.

Assim, calculou-se o montante a ser investido no projeto de redução de consumo de energia térmica, conforme apresentado na Tabela 10, é de R\$ 16.509.360,00, adotando-se a carga de vapor máxima de 51.000 MWh_{térmico}.

Tabela 9. Investimentos por planta e por setor

Processo/Área	Vapor (MWh/Ano)		
	Planta A	Planta B	Economia máx (30%) (MWh _{térmico})
Cozimento Mosto	103.206,29	2.905,55	31833,6
Pasteurização e Envase	61.923,77	1.743,33	19100,1
		Total	50933,7
		Investimento	R\$ 16.242.757,26
Potencial de geração de eletricidade (MWh/Ano)			Investimento
		A B	
		608,34 170,14	
			266.602,74
Investimento Total			16.509.360,00

Fonte. Elaboração própria

Na tabela 11, a seguir, são apresentados os consumos de vapor e eletricidade nas plantas A e B.

Tabela 10. Consumos de energias térmica e elétrica por planta

Consumos Energéticos Setorizados (MWh) - Planta A			
Vapor	cozimento	50%	9.290,40
	Envase	30%	5.574,24
Eletricidade	Refrigeração	50%	8.538,75
	Administrativo	50%	8.538,75
Consumos Energéticos Setorizados (MWh) - Planta B			
Vapor	cozimento	50%	17.974,00
	Envase	30%	10.784,40
Eletricidade	Refrigeração	50%	6.216,65
	Administrativo	50%	6.216,65

Fonte. Elaboração própria, a partir de dados da FK.

Adotou-se para a estimativa financeira do potencial de uso da energia do biogás na geração de eletricidade o valor de R\$150,00/MWh, dado este verificado para a bioeletricidade sucroalcooleira e assim, se é possível plotar o gráfico da TIR dos

projetos em função do preço dessa energia, com variação de +/- 25% nos preços finais, calculando-se em seguida as respectivas receitas para a bioenergia gerada, conforme mostra a Tabela 12, a seguir.

Tabela 11. Receitas por redução do consumo de eletricidade com biogás

Planta	Potencial de geração de eletricidade (MWh/Ano)	Receitas Anuais		
		A R\$ 112,50/MWh	A R\$ 150,00/MWh	A R\$ 187,50/MWh
A	608,34	R\$ 68.438,25	R\$ 91.251,00	R\$ 114.063,75
B	170,14	R\$ 19.140,75	R\$ 25.521,00	R\$ 31.901,25
Total	778,48	R\$ 87.579,00	R\$ 116.772,00	R\$ 145.965,00

Fonte. Elaboração própria

No que se refere ao financiamento desse investimento, se partirá da premissa de que 50% do investimento será financiado com capital próprio e 50% com capital externo, como por exemplo, por meio de uma linha de financiamento do BNDES, com prazo de amortização de 10 anos.

Segundo FAVERET (2007), a linha de crédito para investimentos em projetos de co-geração é formada pelo custo financeiro da remuneração do BNDES, somado à taxa de risco de crédito – TJLP, taxa de juros de longo prazo – que em 2009 era de 6,25%.

A remuneração do BNDES para investimentos em bioeletricidade é de 1% e adotou-se a taxa usual de risco de crédito do BNDES, que é de 0,8%, uma vez que será prestada fiança bancária. Assim, no cômputo final, a taxa de juros do financiamento será de 8,05%.

Para a taxa de câmbio, considerou-se como sendo de R\$ 2,00/US\$ e R\$ R\$2,70/euro. Ainda, a taxa de desconto do projeto será estipulada em 12%, o que teve como base a taxa adotada em outros estudos do setor (CORRÊA ; RAMON, 2008).

Ademais, admitiu-se o custo de US\$ 200.000 para o investimento no desenvolvimento do projeto de créditos de carbono, bem como para a comercialização dos créditos e a modelagem econômico-financeira baseou-se em quatro cenários, conforme apresentados a seguir.

- a) Implementação das medidas de eficiência energética térmica e das trocas de combustíveis sem a comercialização dos créditos de carbono;

- b) Implementação das medidas de eficiência energética térmica e das trocas de combustíveis com a comercialização dos créditos de carbono antes do registro do projeto no Comitê Executivo do MDL ao preço de 5 euros por RCE;
- c) Uso do biogás para fins de geração de eletricidade e comercialização dos créditos de carbono ao preço de 10,00EUR/CER;
- d) Uso do biogás para fins de geração de eletricidade e comercialização dos créditos de carbono ao preço de 15,00EUR/CER.

Assim, calculou-se a TIR e o VPL dos cenários em função das receitas da energia conservada, considerando-se uma variação de +/- 25% no preço da energia elétrica gerada com o biogás, comparativamente aos valores de venda da eletricidade no mercado, verificados no ano de 2009, usando-se o intervalo de variação entre R\$112,50 e R\$187,50 por 1 MWh, com média de R\$150,00/MWh. A vida útil assumida para os projetos como sendo de 25 anos.

7.5.2. Análise de resultados da cenarização

As Tabelas 13 e 14, a seguir, apresentam os principais resultados obtidos para os indicadores econômicos dos projetos para as três plantas consideradas. Na tabela 15 são mostrados os resultados dos Valores Presentes Líquidos, calculados para variações nas demandas de vapor.

As taxas de conservação de energia térmica com recompressão e uso da bomba de calor, são de 5%, 10% e 20%, podendo chegar ao máximo de 30% no consumo de vapor, mas como fator de conservadorismo, segundo orientação da CQNUMC para projetos MDL, os cálculos não consideram essa taxa máxima de 30% de conservação de energia, mas sim adota-se o limite de 20% de redução da carga térmica.

Para estimar os VPLs, adotaram-se três cenários distintos, cada qual considerando uma taxa de redução de consumo de vapor, combinado com os três valores do MWh e da variação no valor de venda das reduções certificadas de emissões.

Tabela 12. Potenciais de redução de consumo de vapor e de receitas

Cotação (€/CER)	Cotação (R\$/CER)	Receitas dos CERs	
5	13,5	R\$	235.693,59
12	32,4	R\$	565.664,61
15	40,5	R\$	707.080,76
Potencial de Redução de Consumo de Vapor (MWh _{térmico})			
Economia	Planta A	Planta B	
5%	465	899	
10%	929	1.797	
20%	1.858	3.595	
Economia pela Redução de Consumo de Vapor			
5%	R\$ 52.000,00	R\$	32.895,00
10%	R\$ 104.000,00	R\$	65.790,00
20%	R\$ 208.000,00	R\$	131.580,00

Fonte. Elaboração própria

Nos cálculos dos fluxos de caixa, consideraram-se ainda os valores médios de mercado para venda de eletricidade – entre R\$ 112,50 e R\$ 187,50 - se chegar, consequentemente aos valores presentes líquidos.

Na tabela 13, a seguir, são apresentados os principais resultados, com as reduções de consumo de vapor e as respectivas receitas.

Tabela 13. VPL para os cenários propostos

Cenários para 5% de redução de consumo de vapor	VPL dos Projetos (12% e Período de 10 anos) com redução de 5% no consumo anual de vapor		
	Tarifa a R\$ 112,5	Tarifa a R\$ 150,00	Tarifa a R\$ 187,50
1 - S/ RCEs	R\$ 974.516,57	R\$ 1.139.463,53	R\$ 1.304.410,49
2 - C/ RCEs a € 5.00 Antecipa	R\$ 2.306.237,90	R\$ 2.538.941,14	R\$ 2.636.131,82
3 - C/ RCEs a € 12.00	R\$ 4.170.647,77	R\$ 4.498.209,79	R\$ 4.500.541,69
4 - C/ RCEs a € 15.00	R\$ 4.969.680,57	R\$ 5.337.896,36	R\$ 5.299.574,50
Cenários para 10% de redução de consumo de vapor	VPL dos Projetos (12% e Período de 10 anos) com redução de 10% no consumo anual de vapor		
	Tarifa a R\$ 112,5	Tarifa a R\$ 150,00	Tarifa a R\$ 187,50
2 - C/ RCEs a € 5.00	R\$ 1.882.970,88	R\$ 2.950.860,55	R\$ 3.061.139,67
3 - C/ RCEs a € 12.00	R\$ 4.650.323,46	R\$ 4.777.672,96	R\$ 4.980.217,38
4 - C/ RCEs a € 15.00	R\$ 5.449.356,26	R\$ 5.614.303,22	R\$ 5.779.250,18
Cenários para 20% de redução de consumo de vapor	VPL dos Projetos (12% e Período de 10 anos) com redução de 20% no consumo anual de vapor		
	Tarifa a R\$ 112,5	Tarifa a R\$ 150,00	Tarifa a R\$ 187,50
2 - C/ RCEs a € 5.00	R\$ 3.745.264,95	R\$ 3.910.211,92	R\$ 4.075.158,88
3 - C/ RCEs a € 12.00	R\$ 5.609.674,82	R\$ 5.774.621,79	R\$ 5.939.568,75
4 - C/ RCEs a € 15.00	R\$ 6.408.707,63	R\$ 6.573.654,59	R\$ 6.738.601,55

Fonte. Elaboração própria

Analisando-se os indicadores VPL e TIR, nas tabelas 14 e 15, verifica-se que o impacto dos créditos de carbono na rentabilidade dos projetos de eficiência energética e de troca de combustíveis, associados ao uso do biogás proveniente das estações de tratamento de efluentes é fator crucial para a consecussão de tais projetos.

Tabela 14. Variação da TIR em função dos valores do MWh e do potencial de eficiência energética

Redução do Consumo de Vapor	Eletricidade a 112,50/MWh	Eletricidade a 150,00/MWh	Eletricidade a 187,50/MWh
	Taxa Interna de Retorno (TIR)		
Sem Créditos	7,29%	8,32%	10,07%
5%	9,40%	9,20%	12,95%
10%	12,92%	13,16%	13,40%
20%	11,58%	15,66%	15,89%

Fonte. Elaboração própria

Verifica-se aqui que, sem os créditos, ou com créditos à taxa de venda de € 5,00/RCE para R\$ 112,50 MWh e R\$ 150,00/MWh, os investimentos nos projetos não se justificam por si só, dada a taxa mínima de 12% adotada pela empresa. Vê-se assim que o montante a ser investido para a operação de plantas energeticamente mais

eficientes, com implementação de cogeração com microturbinas, por exemplo, poderia inviabilizar economicamente os projetos.

Porém, deve-se levar em consideração a existência de variados tipos de tecnologias e processos que promovem ganhos energéticos e reduzem emissões de GEE, como a adoção de caldeiras que operam a maiores pressões, compressores e motores elétricos energeticamente mais eficientes para recompressão de vapor, sistemas de refrigeração em cascata para efficientização dos processos de resfriamento de líquidos.

Citam-se ainda as distintas tecnologias de conversão da energia química do biogás em eletricidade, como os motogeradores e as microtubinas a gás, bem como o aproveitamento da biomassa enquanto rejeito da agroindústria para uso em processos de gaseificação, o que, segundo Ferreira (2007), é ainda uma tecnologia não disponível em escala comercial, dados os custos extremos verificados atualmente.

Assim, as medidas de eficiência energética térmica propostas nesse trabalho, a opção pela substituição de combustíveis fósseis por excedentes de biomassa renovável, bem como a adoção de processos anaeróbios de tratamento de efluentes com vistas à geração de biogás para geração de eletricidade em motogeradores são tecnologias plausíveis e já empregadas em algumas plantas do setor de açúcar e álcool.

Porém essas tecnologias são ainda desconhecidas no setor de cervejarias, apesar de poderem ser implementadas, tendo viabilidade econômica, em se optando pelo financiamento proposto, dadas as condições apresentadas nos cálculos dos índices econômico-financeiros.

Logo, pelo modelo analisado, vê-se que as medidas de eficiência energética, associadas a troca de fontes fósseis de energia por biomassa renovável, com uso de eletricidade gerada com do biogás das ETEs são tendencialmente crescentes, o que se correlaciona com a tendência ascendente da geração de receitas com aos créditos de carbono.

Essa correlação se dá na medida em que, após as ultimas reuniões da COP 15, em Copenhague, na Dinamarca em dezembro de 2009, já se cogita que as RCE podem ser fortemente valorizadas em sofrer uma vez que os EUA demonstram propensão ao

estabelecimento de um mercado próprio de comercialização de reduções de emissões, senão sob escopo dos projetos da CQNUMC, pelo menos dentro de um padrão criado internamente ao país.

Ademais, pode-se projetar que a valorização de projetos de redução do consumo de energias não renováveis, dado que a remuneração desses projetos tende a seguir a constante elevação de demanda energia, conforme amplamente divulgado pelos órgãos oficiais de controle econômico-financeiro, quando das estimativas de crescimento da economia nacional nos próximos anos.

Outro fato importante a ser mencionado, o qual vem a somar-se na justificativa da viabilidade técnico-econômica dos projetos é que os bens de capital necessários para a implementação dos projetos mencionados têm custos menores em sua fase final, sendo esta uma tendência verificada para próximos anos de crescimento econômico brasileiro.

Acrescenta-se também que, se antigamente a opção pelos processos e tecnologias sugeridas eram inviáveis economicamente, hoje isso já não ocorre, uma vez que há a possibilidade de incremento da receita e redução de custos de investimento, desde que o projeto seja adicional e elegível do ponto de vista da obtenção dos créditos de carbono, passando a ser um *input* positivo, assegurando a economicidade dos novos projetos e a adoção de novas tecnologias.

Diante do exposto, já há um movimento de empresas comprometidas com as questões de mitigação dos efeitos negativos que as ações antropogênicas, como é o caso da adoção das tecnologias apresentadas neste trabalho, que se baseou em premissas as quais representam um panorama geral e estático do que realmente vem acontecendo no setor industrial nacional.

Logo, sabendo-se que há hoje uma gama de processos e tecnologias de produção mais limpas, ressalta-se que na prática há ainda um potencial ,maior, não medido por este estudo para que haja elevação dos índices econômicos apresentados nesta modelagem.

Faz-se necessário ressaltar que qualquer tecnologia ou processo que venha a reduzir a demanda energética de uma empresa já é por si só passível de implementação,

desde que seus custos de operação e manutenção sejam compatíveis como aqueles praticados hoje pelo mercado, dado o atual nível tecnológico.

De fato, pela modelagem econômica, verifica-se que o impacto das reduções certificadas de emissões créditos de carbono sobre a rentabilidade dos projetos leva a uma receita que representa de 6 % a 41% do custo do investimento, para o caso de não submissão de não aprovação do projeto junto ao executive board da CQNUMC, bem como para o caso de maior VPL, conforme os cenários apresentados, respectivamente.

A figura 29 apresenta as variações das TIRs para os quatro cenários propostos.

Figura 31. TIR variando com preço das RCE e eficiência energética
Fonte. Elaboração própria

Para o cenário sem créditos de carbono no computo das receitas, a TIR máxima é de 10,07%, estando abaixo dos 12% adotados nos projetos da empresa. Aqui, destaca-se que ainda que essa taxa não seja a adotada nos projetos da KF, tais projetos poderiam ser conduzidos sob o ponto de vista da sustentabilidade, podendo agregar valor à marca e aos produtos da empresa, como um todo.

De maneira geral, pode-se dizer que do ponto de vista puramente econômico-financeiro, com as RCEs seria possível conduzir apenas os projetos com 5% de redução de consumo de vapor e preço de venda de RCEs a € 15, bem como todos os projetos com redução de consumo de vapor de 10 e 20%, independentemente do valor das CRES.

Ademais, cabe frizar que essa viabilidade econômica somente seria possível no caso da implementação das substituições das fontes fósseis de energia – óleo BPF e gás natural – por biomassa renovável, como bagaço de cana, sabugos e palha de milho ou mesmo briquetes de casca de arroz, *woodchip*, entre outros.

Quanto aos tempos médios de retorno de investimentos em tecnologias para a redução de consumo de vapor em processos de cozimento e maturação em cervejarias, dados dos Beer Institute (2009), apontam para *paybacks* conforme a tabela 16, a seguir.

Tabela 15. Paybacks típicos para eficiência energética térmica

Medida	Payback (Anos)
Condensadores de vapor	2 a 5
Recompressão de vapor	máx 2
Recuperação de calor	máx 2
Limpeza mais eficiente	3.4

Fonte. Adaptado do Beer Institute (2009)

Da tabela 16 verifica-se que os paybacks dos projetos propostos, quanto à medidas de eficiência energética térmica variam de menos de dois anos até 5 anos, o que depende das especificidades de cada planta industrial, das condições climáticas e tipo de produtos final.

8. Conclusões

A corrida desenvolvimentista segundo o modelo do capitalismo desde meados do século 18 foi basicamente uma corrida baseada em fontes fósseis de energia e o resultado desta foi a exclusão da maioria dos países que outrora foram colônias da maioria dos hoje países desenvolvidos. Essa partição levou os países hoje desenvolvidos a crescerem poluindo e emitindo GEE sem qualquer tipo de barreira ou limites, especialmente quando do atendimento de sua demanda por energia, a qual era crescente durante boa parte assim como a oferta energética.

Pode-se afirmar que as questões geopolíticas – e não a estrutura do sistema – foram os maiores causadores da perturbação no setor de energia, levando a enorme disparidade tanto no suprimento quanto no consumo de energia ao redor do globo, excluindo os chamados países do Sul do circo do crescimento econômico, ocasionando as tão atuais desigualdades sócio-econômicas, uma vez que se sabe com clareza que o consumo energético tem enormes impactos no desenvolvimento sócio-econômico, implicando seriamente em questões políticas e ambientais.

Contudo, atualmente com a tendência de crescimento de países em desenvolvimento, em, especial os BRIC, cujas economias estão em plena ascensão, porém, com um ainda diminuto consumo energético per capita, já são vistos expressivos movimentos no sentido de incrementar a participação tecnológica e a adoção de combustíveis de fontes renováveis em seus processos e operações, levando as estimativas para um patamar de exponencial elevação do consumo para as próximas décadas.

Associa-se a este movimento uma série de questionamentos acerca da relação entre consumo mundial de energia, desenvolvimento sócio-econômico – com destaque para aquele verificado nos países desenvolvidos desde a revolução industrial – e as alterações nos padrões climáticos globais. Assim, medidas e políticas que visem promover o desenvolvimento sustentável são cada vez mais necessárias e as empresas, enquanto parte integrante e essencial na sociedade capitalista devem se adequar a processos mais eficientes e menos poluentes.

De certa forma, a associação entre o vetor expansão da oferta energética e as ações de mitigação do aquecimento global é demasiadamente difícil de se equacionar, uma vez que são pouco tem-se feito para reverter os efeitos nocivos das ações antropogênicas sobre o meio ambiente.

Por sua vez, a elevação da eficiência energética diminui a demanda por recursos energéticos primários de alta emissão se faz essencial, enquanto instrumento de fomento à segurança de fornecimento à sustentabilidade da matriz energética brasileira, sendo que o incremento de cada vez mais fontes renováveis de energia nessa mesma matriz pode, da mesma forma, corroborar para a solução dos conflitos presenciados entre a segurança da oferta e a mitigação dos efeitos do modo de vida humano sobre o aquecimento global.

Porém, a elevação do percentual de uso das biomassas renováveis na geração de energia, bem como o aproveitamento de matéria orgânica, passível de biodegradação visando à geração de biogás pode vir a ser um fator diferencial na oferta de insumos energéticos a preços que possam competir com a atual hidroeletricidade e à termoeletricidade no setor industrial brasileiro.

Ainda hoje a inovação tecnológica com vistas à redução do consumo de energias térmica e elétrica no setor produtivo brasileiro é vista como algo inatingível e que demanda vultosos investimentos, sendo este um dos maiores entraves à adoção de alternativas de menor consumo de energia, de maneira a mitigar os atuais efeitos sobre aquecimento global. Em determinados casos realmente ainda se está aquém dos atuais custos comparativamente aos das fontes de energia fósseis.

Posto à discussão o problema das ações antropogênicas sobre o clima mundial, sugere-se que este deva ser enfrentado dentro dos princípios das responsabilidades divididas, ainda que de forma diferenciada para cada nação, tal como adotado pela CQNUMC.

Do ponto de vista institucional, a maior resposta a essas mudanças climáticas – levando-se em conta o já referenciado princípio das responsabilidades comuns – vem a estabelecer metas de reduções de emissões aos países do Anexo I, ao passo que garante

que países em desenvolvimento possam garantir o desenvolvimento em bases sustentáveis.

Desta forma, os projetos de MDL como os de substituição de combustíveis fósseis por biomassa, ou aqueles de implementação de medidas de eficiência energética térmica ou elétrica podem fazer com que os países do Anexo I cumpram as metas pré-estabelecidas de redução de emissões de GEE a um custo de abatimento menor, ao passo que transferem recursos financeiros e tecnológicos aos países em desenvolvimento, engendrando políticas de desenvolvimento sustentável e produção mais limpa em seus processos e operações industriais.

A despeito de ter uma matriz considerada de baixa emissão, o Brasil - que não tem metas de redução sob o Protocolo de Quioto – precisa ter mais claras e definidas as formas pelas quais deseja ter assegurada a segurança energética no país. Isso, em ocorrendo, é uma poderosa ferramenta de atração de investimentos em tecnologias eficientes para implementação dos projetos sob o âmbito do MDL.

Pode-se citar o biogás como uma dessas fontes de energia alternativas, por exemplo, no meio agroindustrial. Projetos brasileiros dessa natureza são referência mundial, como é o caso da empresa Sadia, que supre parte de sua demanda por eletricidade com a energia gerada a partir do gás metano gerado em seus sistemas de tratamentos de efluentes.

Ademais, o setor de cervejarias, como apenas uma das diversas partes do complexo agroindustrial brasileiro tem enorme potencial de geração de eletricidade com o uso de biogás, bem como pode ainda reduzir sua demanda de vapor de processos remodelando suas linhas de produção, implementando tecnologias mais eficientes e adotando a biomassa como fonte de energia em seus processos, com vistas à obtenção de RCEs.

A energia conservada e a eletricidade gerada nesse seguimento industrial nacional caminha pari-passu com os objetivos de redução de emissões de GEE, corroborando com a segurança energética, complementando a geração hídrica, enauanto fonte de geração distribuída.

Historicamente vê-se que a opção do setor cervejeiro pela adoção de tecnologias de baixa eficiência na geração de energia, aqui citam-se as caldeiras de baixa pressão, o uso de óleo combustível e de outros combustíveis fósseis, não condiz com a oportunidade vislumbrada através da cenarização a que se propôs este estudo.

Isto porque o uso de combustíveis de fontes fósseis nesse seguimento representa grande parte de custo operacional da empresa. Esse problema poderia ser resolvido pela associação, por exemplo, com outras empresas do segmento do agribusiness, que dispõem de excedentes de biomassa a ser usado em substituição àqueles.

Assim, investimentos em novas tecnologias, como a recompressão de vapor, em plantas energeticamente mais eficientes, com aproveitamento energético de resíduos e efluentes, seria uma opção bastante razoável no que diz respeito às adequações na postura das empresas globais atuais, que assim estariam alinhadas com os preceitos da sustentabilidade, com uma gestão racional de recursos naturais, para o atendimento de suas necessidades e da política energética mundial em vigência.

O presente trabalho mostrou a viabilidade técnica e econômica das tecnologias para eficiência energética térmica, da adoção de novos e eficientes processos e do uso racional dos recursos naturais, com aproveitamento de biomassa renovável.

Analisando-se os resultados do VPL e da TIR, observa-se que os créditos de carbono tem papel de grande importância para a rentabilidade e viabilidade dos projetos de eficiência energética e de troca de combustíveis, o que pode ainda incentivar o uso de biogás gerado nas estações de tratamento de efluentes, já que à taxa de venda dos créditos acima de € 12/RCE e com o preço da energia elétrica até R\$ 187,50/MWh, os investimentos são cobertos pelos retornos financeiros do projeto, o que compo a hipótese de que os projetos de créditos de carbono para eficiência energética e troca de combustíveis, se inseridos no âmbito dos mercados de carbono, são viáveis técnico e economicamente, e contribuem para o alcance de metas de sustentabilidade pela alta gerência das empresas,

Ademais, verifica-se atualmente uma forte tendência de valorização de projetos que privilegiem a sustentabilidade do negócio, o que pode trazer bons resultados às empresas por meio de uma remuneração dos mesmos, que como o apresentado neste

trabalho, cujos cenários representa de 6% a 41% do investimento nos projetos, sendo uma vitrine paralela à crescente elevação na demanda energética, que é calcada em bases fósseis de grande emissão de GEE.

Todavia, ainda é grande a apresenão no setor cervejeiro para com os projeos de créditos de carbono, dado que não há ainda no Brasil projetos já implementados e com registro da CQNUMC, os quais já estejam gerando receitas pelas RCEs. Assim, o que se observa é uma postura, de certa forma, conservadora no setor, que tem agora nas RCEs uma remuneração que reflete as externalidades positivas geradas pelos projetos, em decorrência de sua implementação.

Quanto às hipóteses secundárias levantadas no capítulo 1, item 1.3, pode-se inferir que as medidas discutidas nesse trabalho podem ainda servir de incentivo para que os tomadores de decisão em diversos seguimentos da industria nacional possam investir em sua unidades e em seus processos, em direção a uma produção de baixa emissão, com uso de bioeletricidade e que promova o desenvolvimento sustentável, como foi demonstrado no capítulo 7, em que a partir dos cenários propostos, comprovou-se que os impactos das RCEs na rentabilidade dos projetos, dados pelos valores presente líquidos e pelas variações da respectivas taxas internas de retorno, com e sem transação de RCEs.

Portanto, a partir deste estudo, considera-se que processos como a recompressão de vapor, o uso de bombas de calor, o incentivo à geração e uso de biogás em sistemas de tratamento de efluentes líquidos industriais, bem como a adoção da biomassa renovável em substituição aos combustíveis de origem fóssil em seus proicessos produtivos posam ser um diferencial, inclusive competitivo, às empresas engajadas à produção mais limpa.

Isto porque uma vez comprometidas com métodos e técnicas alinhadas com padrões sustentáveis de desenvolvimento, dentro de um contexto, portanto, de marketing verde , tais empresas estão também investindo em suas marcas, produtos e serviços, que passam a ser associados, pelos consumidores, à uma maior responsabilidade ambiental e social.

9. Possibilidades Futuras

Algumas outras tecnologias e processos poderão em um futuro próximo tornar-se prática comum. Esse é o caso da fervura contínua de mosto, no processo de produção de cervejas.

Neste sistema o processo é conduzido sob pressão, havendo a passagem do mosto por uma série de trocadores de calor a placas, com redução de pressão ao longo do trajeto, que por ser mais curto, reduz a carga térmica na planta, refletindo-se em menor consumo de combustível e de eletricidade, uma vez que se aproveita o calor de uma etapa subsequente para pré-aquecer a próxima.

As cervejarias têm um dispêndio médio de mais de US\$ 200 mi com consumo de energia anualmente, sendo que os custos com energia são de 3% a 8% do custo total de produção, o que torna a eficiência energética e a redução do consumo uma importante etapa do processo e as medidas de eficiência energética, tanto para o setor de utilidades como para os demais processos, se bem implementadas nas indústrias em geral, será vista como uma oportunidade de redução de custos no fluxo de caixa.

Ademais, a associação de medidas de redução e conservação de energia podem representar significativos potenciais de receitas e destaca-se ainda que medidas específicas para alterações de processos para ganhos energéticos podem, em determinados casos, incrementar a qualidade do produto final. Ressalta-se aqui o trabalho que as empresas deve exercer de prevenir perdas, fornecer informações sobre outras oportunidades, como o uso de materiais mais eficientes, que possam impedir a perda de calor em processos.

Sugere-se ainda que, dadas as atuais tecnologias, ainda há um rol de oportunidades para implementação de projetos de uso de energias renováveis e da redução da demanda energética das empresas, como um todo, uma vez que atrelada à redução do consumo de energia, essas medidas sugeridas prazos de retorno de investimentos relativamente não tão longos.

Pesquisas e testes mais extensos sobre a economicidade e aplicabilidade de medidas de eficiência energética e troca de combustíveis devem ser avaliadas caso-a-caso, para a escolha do processo mais adequado às empresas.

Dada a possibilidade de se investir em projetos de créditos de carbono em cervejarias, identificam-se além dos projetos já citados, mais cinco operações intrínsecas ao processamento de alimentos e bebidas, em geral, os quais são passíveis de reduções significativas quanto ao uso final de energia. São elas:

- Pasteurização de produtos a frio e esterilização por feixe de electrons;
- Evaporação/concentração por extração supercrítica e separação de proteínas;
- Secagem por compressão de vapor supercrítico e
- Refrigeração e envase com atmosfera controlada
- Refrigeração em cascata em processos com alta demanda de água fria

10. Referências Bibliográficas

AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY EFFICIENT ECONOMY. **Energy Use and Energy Efficiency Improvement Potentials**: summer study on energy efficiency in industry, Washington, 2008.

AKINBAMI, J-F.K.; ILORI, M.O;ADENIYI; SANNI, S.A. Improving energy use efficiency in industrial sector: a case study of a beverage plant. **International Journal of Global Energy Issues**, v.18 , n.2-4. p.239-252, 2007.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE LAS INDUSTRIAS DE CERVEZAS. **Panorama mercadológico de La cerveza em el mundo**. México , 2009.

ANHEUSER-BUSCH. **Environmental Health and Safety** report, Bio-Energy Recovery System, Massachussets, 2008.

ASSOCIAÇÃO Latini. In: Bioeletricidade: A Segunda Revolução Energética da Cana de Açúcar – INEE; BNDES. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, R.M. **Avaliação técnico-econômica de projetos de eficiência energética térmica em cervejarias**. São Paulo. 2008

BATTS, Y. **Cogenerationand and energy saving opportunity for breweries**: technical guideline, Los Angeles, 2008.

BEER INSTITUTE. **Technical papers on now Best manage energy measures in a brewery**. Washington, 2009

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2008**. Brasília: MME, . 2009.

_____.Balanço energético nacional 2007. Brasília: MME, 2008.

_____.Balanço energético nacional 2006. Brasília: MME, 2007.

_____.Diretrizes de política de agroenergia 2006-2011. Brasília-DF, 2006.

_____.Resenha energética brasileira do exercício 2006: preliminar. Brasília: MME, 2007.

CAFFAL, C. **Energy management in industry**. Sittard: CADDET, 2005. (Analyses Series 17).

CAPOOR, M.; AMBROSI, J. **State and Trends of the Carbon Market**. Washington: World Bank Institute, 2007. 52 p. Disponível em <<http://www-wds.worldbank.org/external>>. Acesso em: 21 out. 2009.

CARBONO BRASIL. **Alta do mercado em 2006 e elevação do preço** . Brasília, 2007.

CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER. **Correspondences on carbon dioxide emissions**. Oak Ridge, 2007.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **Energy efficiency in california's food industry**. California: Institute of Food and Agricultural Research University of California, 2008.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. **Medidas mitigadoras para aredução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.222p..

CENTRE FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES). **New Energy-Efficient Bottle Cleaning Machine at a Brewery**. CADDET, 2007

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo: CETESB, 2007.(Série P+L: Guias para o desenvolvimento sustentável)

CORRÊA NETO, V.; RAMON, D. **Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-geração no Setor Sucroalcooleiro..** Brasília: SETAP, 2008.

D'HAESELEER, W.; HAESELDONCKX, D. The environmental impact of decentralised generation in an overall system context .**Renewable and Sustainable Energy Reviews** v.12, p. 437–454, 2008

DOE. Department of Energy. **US Energy Consumption Best Practices Program**. 2009. Disponível em <<http://www.oit.doe.gov/bestpractices>> Acesso em : 21 out. 2009..

ECOSECURITIES. **Carbon in the community**: training manual. Rio de Janeiro, 2009

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION . **Manufacturing Consumption of Energy 2008**. Washington: EIA, 2009.

_____. **Manufacturing Consumption of Energy** 2007. Washington: EIA, 2008.

_____. **Manufacturing Consumption of Energy** 2006 Washington: EIA, 2007.

FARIA, R. **Mercado Financeiro**: instrumentos e operações.. São Paulo: Pearson, 2008.

FAVERET, P. **Linha de financiamento do BNDES ao setor sucroalcooleiro**. 2007.

FERREIRA, J. **Custos de Plantas de Co-Geração Sucroalcooleiras**. 2007. Entrevista

FORESTI, E. **Microbiologia da digestão anaeróbia**. São Paulo, 2008.

FUJIWARA, K. F. **Sustainable development on the run**. San Diego:University of California. , 2009.

GAYE, A.; NTSIFUL, J.D.; JONES, R.; BEAUVAIS,P. **Access to energy and human development report**. New York. 2007.

HARDWICK, W. **Handbook of brewing** . New York: Marcel Dekker, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy balances for OECD and non-OECD countries**: energy statistics and balances. Paris: IEA, 2007.

INCE, B. K.; INCE, O; ANDERSON, G. K; Arayici, S.. . **Assessment of Biogas Use as an Energy Source from Anaerobic Digestion of Brewery Wastewater**. Water, Air, and Soil Pollution, v. 126, n.3/4, p. 239-251, Mar., 2001.

INSTITUTE FOR GLOBAL ENVIRONMENTAL STRATEGIES . **CDM in Charts**. v.4.0. Tokyo, Japan: Ministry of the Environment/IGES, 2007. 92 p. Disponível em <<http://www.iges.or.jp/en/cdm/report.html>>. Acesso: 26 set. 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Outlook 2006.. Paris: IEA, 2006.

JAFFE, A. A Crescente demanda dos países em desenvolvimento por petróleo e gás natural. perspectivas econômicas. **Revista Eletrônica do Departamento de Estado dos EUA**, v.9, n.2, Maio 2004.

AKINBAMI, J.F.K. e al. Improving energy use efficiency in Nigeria's industrial setor: a case study of a beverage plant. International **Journal of Global Energy Issues**. v.18 , n.2-4, p.239-252, 2002.

JONES, T. **Steam Partnership**: Improving steam efficiency through marketplace partnerships. Washington: ACEEE, 2007.

KERZNER, H. **Project management**: a system's approach to planning, scheduling and controlling. New York: John Wiley & Sons, 2008.

KLEIN-CARL, G.; REICHERT. R.. Energy savings through use of low-pressure steam re-compression in a brew kettle with interior cooker. **MBAA Tech. Quart.**, 28, p.142-144, 2006.

KRÜGER, E. L. **Conforto térmico**: a necessidade de adaptação climática como forma de sobrevivência. UFPR, 2008.

LEGRAIN, M.; MAGAIN, D. **Relações com o público**. São Paulo: Makron Books, 2006.

LINNHOFF, B. A **User guide on process integration for the efficient use of energy**: a state-of-the-art overview. Rugby: . Institution of Chemical Engineers, 2007.

LINNHOFF, B. Pinch analysis: a State-of-the-Art Overview. **Chemical Engineering**, 71, p.503-522, 2006.

LOM AND ASSOCIATES. **Energy guide for energy efficiency opportunities in the canadian brewing industry**.Ontario: Brewers Association of Canada , 2008.

Maximiano, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar idéias em resultados. São Paulo: Atlas, 2008.

_____. Administração de Projetos: Como Transformar Idéias em Resultados. São Paulo: Atlas. 2002.

MICHAELOWA, A.; JOTZO, F. Transaction costs, institutional rigidities and the size of the clean development mechanism, **Energy policy**, v. 33, n.4, p.511-523, 2005.

MIGNON, D.; HERMIA, J. Retrofitting and new design of the brewhouses of an industrial brewery. **Monatsschrift fur Brauwissenschaft**, v.48, n.5-6, p. 178-183, 2007.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. **Open courseware program on sustainable energy**. Cambridge: MIT, 2008.

NOGUEIRA, L.A.H. **Biodigestão**: a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 2006. p.1-93

O'ROURKE, T. **Wort Boiling** : Brewer's Guardian. 2008. part 2, Sep., p. 38-41

OBADIA, I.J. **O Sistema de gestão**: características e resultados. Belo Horizonte: ABIPTI, 2004. p.36

P2M A guidebook for project & program management for enterprise innovation: Japan: Project Management Professionals Certification Center, 2009.

PINHO, M.V.M. Mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável: o mercado de carbono. 2008. Monografia (Especialização) . Universidade de Brasília, 2008.

PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE .. Effective tool for managing projects and controlling Risks, New York : Project Management Institute ,2009.

PSARRAS, J. Information system for monitoring and targeting of energy consumption in breweries. **Energy**, v. 23, n. 5, p. 413-419, May, 1998.

ROCHA, M. **Aquecimento global e o mercado de carbono**: uma aplicação do modelo CERT. 2003.Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

ROVERE, E. L. L. (Org.) ; POPPE, Marcelo Khaled (Org.). **Mudança do Clima**. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005.

SANTOS, R. **Análise dos vínculos entre os certificados verdes e o mecanismo de desenvolvimento limpo**: a perspectiva de aplicação de certificados verdes no Brasil. 2005. Dissertação (Mestrado) – COPPE , Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

SHAPIRO, R.J. **Addressing the risks of climate change**: the environmental effectiveness and economic efficiency of emissions caps and tradeable permits, compared to carbon taxes. the american consumer, 2007. v.5

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DA CERVEJA. **O mercado da cervaja no Brasil e no mundo**. Brasília, 2008. Disponível em <<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>> . Acesso em: 12 de nov. 2009.

SINGLETON, M. **Measuring the Potential of GHG Emissions Reductions in the Food and Beverage Processing Setor in Ontario**. Ontario: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario, 2007.

SNOW E THOMAS, F.; SNOW, C.C. **Research and development**. New York: Makron Books, 2004.

SORRELL, S. **Barriers to Energy Efficiency in the UK Brewing Setor**. Science and Technology Policy Research , University of Sussex. 2008.

SOUZA, P. **Metodologias de monitoramento de projetos de MDL**: uma análise estrutural e funcional. 2005. Dissertação (Mestrado) -. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

SOUZA, Z; Azevedo, P. Energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir de usinas paulistas. **Revista de Economia e Sociologia rural.**, v.?, n.? p.? mês,. 2006.

SECRETARIA DE POLÍTICA ECONÔMICA. **Panorama macro econômico brasileiro**: efeitos do racionamento de energia elétrica sobre a oferta agregada. Brasília, 2007.

VERGARA, S. C. **Gestão de pessoas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VOLLHALS, B. . **Energy Saving in the Brewhouse..** Los Angeles, 2007. MBA and Technology

WAINSTOK, R. **Comercialização de energia: bioeletricidade e vantagens da associação.** In: Bioeletricidade: a segunda revolução energética da cana de açúcar. Rio de Janeiro: INEE/BNDES, 2005.

WALTER, A. **Geração Distribuída : vião económica. In: FÓRUM permanente de energia e ambiente .** Campinas: UNICAMP, 2006.

WORLD ECONOMIC OUTLOOK. **Relatório da economia mundial:** fundo monetário internacional e banco mundial, 2008.

YAN,Y.G.; TAY,J.H. **Brewery wastewater treatment processes using UASB Reactors at moderate temperatures.** Beijing, 2006.

YONGMING, L. **Characteristics of brewery wastewater in an AFB Reactor.** Water Science Techonolgy, 2008.