

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
PPGE
(EP / FEA / IEE / IF)

Análise de Custos na Geração de Energia com
Bagaçõ de Cana-de-Açúcar: um Estudo de Caso em Quatro
Usinas de São Paulo

Paulo Lucas Dantas Filho

São Paulo,
Abril de 2009

Paulo Lucas Dantas Filho

**Análise de Custos na Geração de Energia com
Bagaço de Cana-de-Açúcar: um Estudo de Caso em Quatro
Usinas de São Paulo**

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

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Virginia Parente

**São Paulo
2009**

É PERMITIDA 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.

FICHA CATALOGRÁFICA

Dantas Filho, Paulo Lucas.

Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo/ Paulo Lucas

Dantas Filho; orientadora Virginia Parente. – São Paulo, 2009, 175 p.: il.; 30 cm.

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

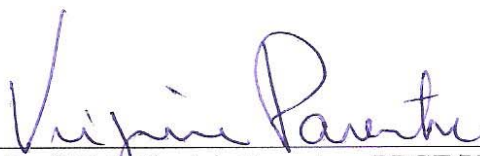
1. Energia de biomassa 2. Cogeração 3. Fontes alternativas de energia 4. Energia elétrica. I. Título.

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

PAULO LUCAS DANTAS FILHO

“Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas em São Paulo”

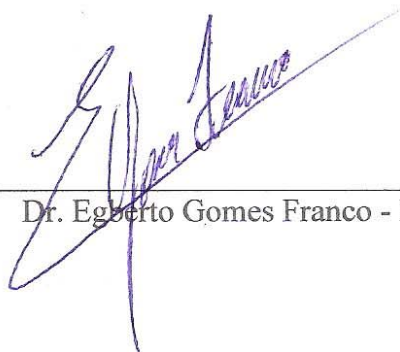
Dissertação defendida e aprovada em 16/04/2009 pela Comissão Julgadora:



Profª Drª Virgínia Parente – PPGE/USP
Orientadora e Presidente da Comissão Julgadora



Profª Drª Patrícia Helena Lara dos Santos Matai – PPGE/USP



Dr. Egberto Gomes Franco - IPEN

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Prof^a Virginia Parente por sua dedicação e competência de orientadora, o que permitiu-me concluir este trabalho com êxito. Agradeço também ao Prof. Burani, meu maior incentivador na realização deste mestrado, a toda a equipe do CENBIO, na pessoa da Prof^a Silvia Velázquez, cujas informações e comentários foram extremamente proveitosos e agregaram valor ao trabalho, ao Prof. Egberto Gomes Franco e a Prof^a Patricia Matai que como membros da minha banca contribuíram com muitas informações para a finalização de minha dissertação.

Agradeço aos administradores das usinas pesquisadas pela confiança e apoio com relação às informações liberadas para o propósito dessa dissertação e também os parabéns pela competência e eficiência com que administram as atividades das usinas.

Sou muito grato, também, a todos os funcionários do IEE que, de certa forma, colaboraram para que eu pudesse chegar ao fim desta dissertação.

À Maria de Fátima Atanazio Mochizuki, Maria Penha da Silva Oliveira e Maria de Lourdes Montrezol da Biblioteca do IEE/USP, pela ajuda nas pesquisas bibliográficas e formatação do texto.

Agradeço em especial à minha esposa Karen, cuja paciência, dedicação e apoio foram fundamentais, tanto em pesquisas pela internet quanto na leitura, formatação e revisão do texto final. Por fim, sou grato às minhas filhas Pâmella e Gabriela, que souberam compreender a ausência do pai em alguns de seus fins de semana.

Aos demais colegas de Mestrado e Doutorado, pela amizade e convívio agradável.

Ao corpo de Professores do Programa de Pós Graduação em Energia da USP (PPGE), por contribuir sobremaneira para a minha formação.

RESUMO

DANTAS FILHO, P.L. Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo, 2009, 175p. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

A produção de energia elétrica é uma atividade de grande importância no planejamento do crescimento de qualquer economia no mundo. O Brasil possui, em relação a outras nações, a vantagem de poder planejar sua matriz energética utilizando grandes quantidades de fontes primárias renováveis. Uma delas, focalizada neste trabalho, é a biomassa gerada pelo setor sucroalcooleiro, a qual, através da cogeração, pode contribuir significativamente para o fortalecimento da matriz brasileira. Apesar de há muito tempo disponível, observa-se que esta fonte tem sido subutilizada para a geração comercial de energia elétrica. A reformulação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), instituído pelo Governo Federal em 2002, e o surgimento do mercado de créditos de carbono, impulsionado pelo Protocolo de Kyoto, reverteram este quadro, fazendo com que a biomassa da cana-de-açúcar fosse utilizada de forma mais intensa, tornando-se um importante componente na matriz energética brasileira. Esta dissertação analisa os custos do processo de geração de energia a partir da biomassa, dando especial atenção à cogeração com bagaço de cana-de-açúcar. A análise se processou após a coleta de dados em quatro usinas que utilizam o bagaço de cana-de-açúcar como combustível para a geração de energia elétrica, cujo excedente é vendido para a concessionária local. Os resultados de custos da amostra das empresas analisadas indicam que a geração de energia elétrica por meio do bagaço de cana tornou-se um produto técnica e economicamente viável e atrativo para elas. Conclui-se, ainda, que os custos da energia assim produzida tendem a cair com a curva de aprendizado e o aumento natural da escala de produção.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, bagaço de cana-de-açúcar, cogeração, sucroalcooleiro, análise de viabilidade, geração de energia elétrica e análise de custos.

ABSTRACT

DANTAS FILHO, P.L. Analysis of the cost in generating energy by using sugar cane pulp: a case study carried out in four power plants in São Paulo, 2009, 175 p. Master's degree essay – Post Graduation Program in energy. Universidade de São Paulo.

The production of electricity is an activity of great importance for the planning of growth of any economy in the world. When compared to other nations, Brazil has an advantage in this activity, which is the possibility of planning its energy matrix by using renewable primary sources on large scale. Among these renewable primary sources this essay focuses the biomass generated by the sugar-alcohol sector which may contribute through cogeneration, on a significant basis for the strengthening of its energy matrix. However, it is observed that despite having been available for a long time, this biomass has not been fully used for commercial generation of electricity. The reformulation of the Program of Incentive to the Alternative Sources of Energy (PROINFA – *Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia*) created by the Federal Government in 2002, and the arouse of the carbon credit market, boosted by the Kyoto Protocol, reversed the situation, so that the sugar cane biomass started being used on an intense level, becoming an important component for the energy in Brazil. The present essay analyzes of the costs in the process of generating energy through biomass, with special attention to the cogeneration by using the sugar cane pulp. The analysis is based on data collected in four power plants which use sugar cane pulp as fuel for the generation of electricity and sell the excess to the local energy company. The result of costs of the samples from the analyzed power plants shows that the generation of electricity by using sugar cane pulp became technically and economically viable for them and attractive to the investors. Moreover, it is concluded that the costs of generation through the use of sugar cane pulp tend to fall according to the level of apprenticeship and the natural rise in the production scale.

Keywords: sugar cane, sugar cane pulp, cogeneration, sugar-alcohol, viability analysis, generation of electricity, cost analysis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Produção de cana-de-açúcar, álcool e açúcar no Brasil (safra 2006/2007)	28
Tabela 2.2 -	Número de usinas de cana-de-açúcar no Brasil.....	30
Tabela 2.3 -	Estimativa de expansão da produção nacional de cana-de-açúcar.....	32
Tabela 2.4 -	Evolução percentual das áreas de cana para o Estado de São Paulo.....	33
Tabela 2.5 -	Eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.....	34
Tabela 2.6 -	Prazos de eliminação da queima da cana-de-açúcar.....	35
Tabela 4.1 -	As instituições e seus respectivos membros.....	72
Tabela 4.2 -	Relação das usinas e entrevistados	77
Tabela 4.3 -	Características das usinas pesquisadas.....	77
Tabela 4.4 -	Capacidade instalada de geração da usina Cerradinho em MW.....	80
Tabela 4.5 -	Capacidade instalada de geração da usina Cerradinho em MWh.....	81
Tabela 4.6 -	Descrição da Usina Cerradinho.....	87
Tabela 4.7 -	Capacidade instalada de geração nas unidades Novo Horizonte e Mendonça.....	88
Tabela 4.8 -	Descrição da Usina Santa Isabel.....	89
Tabela 4.9 -	Descrição da Usina Santa Cândida.....	95
Tabela 4.10 -	Capacidade de produção da Usina Catanduva.....	99
Tabela 4.11 -	Cana processada por unidade industrial.....	99
Tabela 4.12 -	Número de plantas por unidade industrial.....	101
Tabela 4.13 -	Projeto educacional por unidade industrial.....	102
Tabela 4.14 -	Número de participantes por unidade industrial.....	103
Tabela 4.15 -	Cana processada e bagaço gerado/safra.....	103
Tabela 4.16 -	Capacidade instalada da unidade Catanduva.....	104
Tabela 4.17 -	Estrutura da unidade Catanduva.....	105
Tabela 5.1 -	Investimentos para implantação.....	109
Tabela 5.2 -	Custo evitado das usinas.....	110
Tabela 5.3 -	Custo com O&M das usinas.....	111
Tabela 5.4 -	Cálculo da TIR, VPL e do Payback por usina.....	115
Tabela 5.5 -	Cálculo da receita auferida com a venda de excedente.....	116
Tabela 5.6 -	Custo de implantação das usinas por MWh.....	117
Tabela 5.7 -	Custo com O&M por usina.....	118
Tabela 5.8 -	Custo evitado por usina.....	119
Tabela 6.1 -	Cálculo da TIR, VPL e do Payback	125

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 -	Distribuição dos MW gerado pela Usina Cerradinho.....	80
Gráfico 4.2 -	Evolução de moagem unidade Novo Horizonte.....	85
Gráfico 4.3 -	Evolução de moagem unidade Usina Santa Isabel.....	87
Gráfico 4.4 -	Evolução de moagem unidade Mendonça.....	88
Gráfico 4.5 -	Distribuição dos MW gerado pela Usina Santa Cândida (unidade Santa Cândida e Vista Alegre).....	95
Gráfico 4.6 -	Evolução do processamento de cana por safra do Grupo GVO.....	100
Gráfico 4.7 -	Distribuição dos MW gerado pela Usina Catanduva.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Curva de aprendizado: competitividade do etanol de cana-de-açúcar brasileiro com a gasolina.....	30
Figura 2.2 - Zoneamento agroambiental para o setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.....	36
Figura 3.1 - Diagrama padrão de um sistema de cogeração utilizado pelas usinas de cana-de-açúcar.....	50
Figura 4.1 - Processamento da usina santa cândida.....	50
Figura 4.2 - Estrutura da usina santa cândida.....	50
Figura 4.3 - Transmissão de energia da usina santa cândida.....	50
Figura 4.4 - Caldeiras da usina santa cândida.....	50
Figura 4.5 - Visão geral da estrutura da usina santa cândida.....	50
Figura 4.6 - Controle de operações das caldeiras da usina catanduva.....	50
Figura 4.7 - Visão panorâmica da usina Catanduva.....	50

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	áreas de Preservao Permanente
ATR	Acar Total Recuperável
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CER	Certified Emission Reductions
CIMGC	Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
COFINS	Contribuio para o Financiamento da Seguridade Social
COGEN	Associao Paulista de Cogerao de Energia
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSECANA	Conselho dos Produtores de Cana-de-acar, Acar e álcool do Estado de São Paulo
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
DFC	Descontos de Fluxo de Caixa
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCf	Fluxo de Caixa Futuro
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPS	Sistema de Posicionamento Global
ICMS	Imposto sobre Circulao de Mercadorias e Serviços
IGPm	ndice Geral de Preços do Mercado
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados

ISS	Imposto sobre Serviço
kVA	Quilo Volt Ampere
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCu	Margem de Contribuição Unitária
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MME	Ministério de Minas e Energia
MVA	Mega Volt Ampere
MW	Megawatts
MWh	Megawatt/hora
ONS	Operador Nacional do Sistema
O&M	Operação e Manutenção
PAYBACK	Período de Retorno de Investimento
PCHs	Pequenas Centrais Hidroelétricas
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PE	Ponto de Equilíbrio
PEC	Ponto de Equilíbrio Contábil
PEE	Ponto de Equilíbrio Econômico
PIA	Produtor Independente Autônomo
PIE	Produtor Independente de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PPD	Período de Payback Descontado
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PVu	Preço de Venda Unitário
SMA	Secretaria de Meio Ambiente
RCE	Redução Certificada de Emissão
TIR	Taxa Interna de Retorno
tc	Tonelada de Cana
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
V	Volts
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Weighted Average Cost of Capital (custo médio ponderado do capital)

SUMÁRIO

Capítulo 1: Introdução	16
1.1 Contextualização do tema.....	16
1.2 Objetivos: geral e específico.....	19
1.3 Justificativa.....	19
1.4 Questão central e hipótese.....	21
1.5 Metodologia.....	21
1.6 Relevância da pesquisa.....	23
1.7 Estrutura do trabalho.....	23
Capítulo 2: A cana-de-açúcar na matriz energética brasileira	26
2.1 Caracterizações do setor sucroalcooleiro.....	26
2.2 O setor sucroalcooleiro brasileiro.....	27
2.3 O setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo.....	32
2.3 Ciclo produtivo da cana-de-açúcar.....	36
2.5 O processo de cogeração de energia elétrica	39
2.6 Caracterização dos sistemas de cogeração por bagaço.....	42
2.7 Outras aplicações para o bagaço da cana-de-açúcar.....	43
2.8 Autoprodução, produção independente e a conjuntura energética brasileira.....	44
2.9 Comentários finais ao capítulo 2.....	48
Capítulo 3: Revisão bibliográfica	49
3.1 Tecnologias utilizadas na geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar e custos de modernização.....	49
3.1.1 Principais tecnologias utilizadas.....	50
3.2 Análise econômico-financeira.....	54
3.2.1 Análise e avaliação de projetos de investimentos.....	57
3.2.2 Principais indicadores de análise econômica.....	62
3.3 Gestão de custos na geração de energia elétrica.....	64
3.3.1 Introdução ao custos	64
3.3.2 Nomenclatura aplicada aos custos	65
3.3.3 Componentes de formação de custos de produtos e serviços.....	67
3.3.4 Metodologia de estimativa de custeio de produtos e serviços.....	68
3.4 Comentários finais ao capítulo 3.....	69

Capítulo 4: Levantamento de dados: Estudo de caso.....	72
4.1. Potencial da expansão da cogeração de excedentes pelo setor sucroalcooleiro.....	72
4.2 Motivações para investimentos na expansão da cogeração por bagaço.....	74
4.3 Estudo de casos comparativos.....	77
4.3.1 Primeiro estudo de caso: Usina Cerradinho.....	78
4.3.2 Segundo estudo de caso: Usina Santa Isabel.....	84
4.3.3 Terceiro estudo de caso: Usina Santa Cândida.....	90
4.3.4 Quarto estudo de caso: Usina Catanduva.....	98
4.3 Comentários finais ao capítulo 4	107
Capítulo 5: Análise de viabilidade econômico-financeira e análise de custos	109
5.1 Análise conclusiva.....	109
5.1.1 Análise do fluxo de caixa: Usina Cerradinho.....	111
5.1.2 Análise do fluxo de caixa: Usina Santa Isabel.....	112
5.1.3 Análise do fluxo de caixa: Usina Santa Cândida.....	113
5.1.4 Análise do fluxo de caixa: Usina Catanduva.....	114
5.1.5 Comentários finais sobre a análise de viabilidade das usinas selecionadas....	115
5.2 Análise de custos na geração de energia elétrica através da utilização do bagaço de cana-de-açúcar.....	117
5.2.1 Introdução.....	117
5.2.2 Análise conclusiva.....	117
5.3 Comentários finais ao capítulo 5.....	120
Capítulo 6: Considerações finais.....	123
Referências bibliográficas.....	127
Anexos.....	131

1. INTRODUÇÃO.

1.1. Contextualização do tema

O Balanço Energético Nacional – BEN (2007), do Ministério das Minas e Energia (MME), mostra que a oferta brasileira de energia está fundamentada principalmente em duas fontes: os combustíveis fósseis (petróleo e derivados) e a hidroeletricidade. O documento fornece projeções segundo as quais essas fontes ainda terão, durante muito tempo, papel importante na matriz energética nacional. Ressalta, entretanto, que o Brasil precisa implementar programas de incentivo às fontes alternativas de energia que dêem, além de maior confiabilidade à oferta energética, suporte ao seu desenvolvimento. Dentre estas fontes, destaca-se a biomassa, detentora de grande potencial a ser explorado no país. (EPE, 2007).

A produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar é tema há muito presente nos estudos sobre energia no Brasil. Apesar disso, ela é utilizada numa parcela ínfima da energia comercialmente produzida no país. A discussão em torno das vantagens e desvantagens, da importância e das dificuldades do uso dessa fonte primária renovável são os pontos centrais desta dissertação.

Ainda segundo dados do Balanço Energético Nacional – BEN (2007), a capacidade total de geração de energia elétrica no Brasil era, em 2006, de 96.634 MW, dos quais aproximadamente 14.386 MW gerados no estado de São Paulo. Desse total, a capacidade de geração elétrica instalada pelos produtores de açúcar e álcool era, no mesmo ano, de 2.599,3 MW no Brasil e 1.615,2 MW em São Paulo (2,7 % e 1,67 % respectivamente).

Dois segmentos do setor industrial se destacam na utilização de biomassa como fonte de energia: o de papel e celulose e o sucroalcooleiro. O último apresentava em 2006 a maior capacidade de geração (3.000 MW), equivalentes a 70% da geração com biomassa (bagaço e palha de cana) em centrais térmicas. As indústrias de celulose e as integradas (fabricantes de papel) geram grande parte da energia que consomem utilizando subprodutos do próprio processo industrial (lixívia, lenha, cascas e resíduos florestais), também em centrais térmicas. A capacidade de geração (783 MW) representa 47% do consumo (VELÁZQUEZ, 2006).

O setor sucroalcooleiro brasileiro vem ganhando espaço no mercado nacional e internacional por conta da diversificação e melhoria da sua produtividade. Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2008), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com 6,92 milhões de hectares plantados na safra de 2007/2008, o que significa uma produção de aproximadamente 129 milhões de toneladas de bagaço (CONAB, 2008).

Ainda segundo a UNICA (2008), até 2015 o Brasil poderá gerar 15% de sua energia elétrica por meio de bagaço da cana-de-açúcar, 12% a mais que o índice atual, ajudando a minimizar a ameaça sempre presente de escassez de energia. A produção de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar poderá crescer para 11.500 MW até 2015 e para 14.400 MW até 2020.

O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional de cana-de-açúcar, com 297 milhões de toneladas na safra 2007/2008, que resultam em aproximadamente 78 milhões de toneladas de bagaço (UNICA, 2009). Apesar desta elevada produção de biomassa e de seu imenso potencial energético, a maioria das usinas e destilarias produz energia elétrica apenas para consumo próprio, e a parte comercializada com as distribuidoras ainda é muito pequena. Perde-se dessa forma a maior parte do potencial energético da biomassa. A palha da cana-de-açúcar é queimada na própria lavoura, antes do corte, e o bagaço produzido nas usinas é desperdiçado em caldeiras de baixo rendimento (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2008).

Segundo Ripolli (1999), países como o Brasil, com imensas áreas agriculturáveis e um clima favorável, não podem “abrir mão” da energia da biomassa como parte integrante de suas matrizes energéticas. Para o autor, a cultura canavieira é a que mais facilmente poderia ampliar a participação da biomassa na matriz energética brasileira: além da extensão da área plantada, essa cultura oferece boas condições para transformar em energia elétrica o bagaço e o palhiço proveniente da colheita sem a queima prévia. São várias as barreiras que o país precisa vencer para tornar aproveitável todo o potencial da biomassa de cana-de-açúcar disponível, convertendo-a em energia elétrica. Dentre essas barreiras destacam-se a dificuldade de acesso à rede de distribuição, a falta de atratividade no preço ofertado para a comercialização da energia, a falta de interesse das concessionárias para contratos de longo

prazo e a escassez de financiamentos com as condições apropriadas, como enumera Brighenti (2003).

Na década de 90, num cenário há muito sem grandes mudanças, surgiram dois fatores capazes de alterar o interesse dos produtores do setor sucroalcooleiro na geração de energia elétrica: o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), do Governo Federal, e o Mercado de Créditos de Carbono, estabelecido pelo Protocolo de Kyoto. Os dois trouxeram uma grande oportunidade para incrementar e descentralizar a geração de energia elétrica a partir do uso da biomassa, cuja participação poderia ser aumentada, elevando a oferta de eletricidade, contribuindo para a redução da fragilidade do sistema elétrico e tendo a importância dessa fonte enfim reconhecida para a diversificação e a flexibilização da matriz energética brasileira. Entretanto, de acordo com Velázquez (2006), faltaram políticas adequadas para atingir esse objetivo, como, por exemplo, tornar mais atrativo o preço de compra dessa energia. Ainda que o PROINFA tenha apontado perspectivas mais favoráveis à geração de energia elétrica advinda da biomassa, os resultados não atingiram totalmente as expectativas.

Este cenário, com suas potencialidades e desafios, bem como suas conseqüências para o mercado produtor de energia elétrica, constitui a motivação fundamental deste trabalho. Além de seus objetivos gerais e específicos, expostos nas duas subseções seguintes, ele inclui uma revisão da literatura recente sobre o tema e um levantamento de dados junto aos produtores do setor sucroalcooleiro. Os dados servem de base para mensurar e analisar os custos da geração de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar. Permitem, ainda, verificar o interesse e a viabilidade da produção comercial de energia elétrica a partir de tal fonte, bem como as perspectivas de investimento neste mercado. O levantamento de dados nas quatro usinas selecionadas incluiu também entrevistas para obter a opinião dos produtores no que se refere ao retorno dos investimentos. Foi possível, ainda, levantar custos operacionais, de implantação da usina e outros custos agregados ao processo, bem como proceder à análise desses custos para o setor sucroalcooleiro nos Estudos de Caso.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar os custos na geração de energia elétrica por meio da utilização do bagaço de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo através dos dados de quatro usinas selecionadas. Tal análise prioriza três aspectos principais, a saber: *a)* os custos de implantação da usina, *b)* os custos de mão-de-obra e *c)* os custos de manutenção e operação (O&M) no setor sucroalcooleiro.

Esta dissertação parte do estudo de caso em quatro usinas de açúcar e álcool que já utilizam o processo de cogeração de energia com bagaço de cana-de-açúcar e comercializam o excedente junto a distribuidoras de energia.

1.2.2. Específico

O objetivo específico é analisar a viabilidade econômico-financeira das usinas selecionadas. Adicionalmente, considerando-se a cogeração no setor sucroalcooleiro para a autoprodução e para a produção independente de energia elétrica, o trabalho se propõe traçar um panorama histórico da situação energética brasileira.

1.3. Justificativa

Conforme destacam vários trabalhos – CENBIO, 2001; Coelho, 1999, entre outros –, produzir energia elétrica a partir de fontes renováveis e de forma descentralizada pode contribuir para o fortalecimento dos blocos regionais de geração e consumo. Paletta (2004) observa que o Brasil possui grande parte do sistema de geração e distribuição interligado. Isto permite planejar e operar tanto a geração quanto a distribuição de forma ampla e eficiente. Assim, é possível atender a uma demanda maior em determinada região apenas aumentando a oferta em qualquer outro ponto do sistema.

O mesmo autor destaca, ainda, as elevadas perdas no sistema de transmissão e distribuição. A geração descentralizada pode contribuir para minimizar esse problema da

energia que se perde ao longo das linhas transmissoras que percorrem o país. A energia gerada em escala menor pode ser consumida perto dos locais de geração, não sendo necessário transportá-la para tão longe. Assim, além de se reduzirem os custos e acabar com o desperdício, desobstruem-se as linhas de transmissão existentes, garantindo maior confiabilidade no transporte dos grandes blocos de energia de uma região a outra do país.

Apesar das vantagens ambientais, sociais e estratégicas das energias renováveis, elas apresentam duas grandes dificuldades: o investimento inicial elevado e, em alguns casos, a intermitência, como no caso da energia eólica e solar. No caso da biomassa, entretanto, não existe o problema da intermitência, uma vez que o bagaço pode ser armazenado para o período de entressafra. Além disso, o custo de geração de energia a partir de biomassa é inferior ao das outras fontes de energia renovável (GOLDEMBERG, 2003).

Diversos estudos foram desenvolvidos nos últimos anos no Brasil, com o objetivo de contribuir com metodologias aplicáveis à utilização de biomassa na geração de energia elétrica. Muitos tratam da cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro. Entre eles destacam-se as contribuições de Horta Nogueira, (1997), IPT (1990), Coelho (1992), Macedo (1996), Goldemberg (1999), e Coelho (1999). Aí são abordadas as questões tecnológicas do processo industrial, seus insumos materiais, o processo de geração de energia elétrica, as tecnologias em uso e em desenvolvimento, além do aumento da eficiência energética para a otimização do processo produtivo. São examinados, ainda, os custos de geração da eletricidade, assim como a influência da venda do excedente gerado e do custo das emissões de carbono evitado nos custos de geração. A maioria desses trabalhos conclui que a produção em larga escala de energia elétrica a partir do bagaço de cana, em sistemas de cogeração, é uma alternativa de potencial expressivo, mas neles também se afirma que muitas barreiras não-tecnológicas ainda precisam ser superadas.

A utilização da biomassa e, mais especificamente, do bagaço de cana-de-açúcar para a geração de energia elétrica vem sendo amplamente discutida, como fica patente nos trabalhos mencionados acima, bem como em tantos outros. Assim, com base nos conhecimentos já proporcionados por essa discussão, o que se propõe nesta dissertação é analisar os custos e a viabilidade de quatro usinas no estado de São Paulo que adotam o processo de cogeração de

energia elétrica por meio do bagaço de cana-de-açúcar, comercializando o excedente com distribuidoras. Espera-se com isto ampliar o alcance desses conhecimentos e contribuir com subsídios analíticos úteis ao setor sucroalcooleiro, de modo que o presente estudo possa servir como instrumento auxiliar na tomada de decisões em futuros investimentos no setor.

1.4. Questão Central e Hipótese

A questão central deste trabalho é: como têm se comportado os custos – e seus principais elementos – na geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar?

Como primeiro passo para responder esta pergunta, é investigada a seguinte hipótese: os principais custos envolvidos na geração dessa energia são os de a) investimento, especialmente nos itens caldeira, gerador e turbina e b) operação e manutenção (O&M). Juntos, esses custos respondem por cerca de 75% dos custos totais da geração de energia através do processo mencionado e que os outros 25% dos custos não inviabilizam o projeto.

Também é investigada a hipótese complementar de que esses custos tendem a cair com a curva de aprendizado e o natural aumento de escala, embora a procura por tais insumos de produção pressionem seus preços no curto prazo.

1.5. Metodologia

A metodologia aqui utilizada para a análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar é a de estudo de caso. São realizados quatro desses estudos, um para cada uma das quatro usinas de cana-de-açúcar que já adotam esse processo de cogeração de energia. Três delas comercializam o excedente com distribuidoras de energia e uma produz energia elétrica somente para consumo próprio.

Esta proposta metodológica utiliza as cinco características gerais de um estudo de caso, de acordo com Yin (2001): 1) ser significativo, abordando temas teóricos importantes e de interesse do público geral; 2) ser completo, demonstrando que o pesquisador realizou grande esforço para coletar evidências pertinentes; 3) considerar perspectivas alternativas; 4) exibir suficiente evidência para que se consiga atingir o que se pretendeu ilustrar; e,

finalmente, 5) ser atrativo, com redação clara e interessante. A aplicação desse método teve como primeiro passo a seleção das usinas, as quais deveriam satisfazer algumas condições indispensáveis para a caracterização da análise em perspectiva, quais sejam: 1) utilizar o processo de cogeração de energia; 2) ser auto-suficientes em energia elétrica; e 3) vender o excedente para a rede distribuidora ou ter a possibilidade de fazê-lo.

Para a pesquisa de campo foi elaborado um questionário, apresentado no Anexo A, cujo objetivo é cobrir os seguintes aspectos da investigação: 1) a tonelagem de cana moída de 2004 a 2008 e a sua destinação para açúcar e álcool; 2) a produção de açúcar e de álcool de 2004 a 2008; 3) a quantidade de bagaço resultante nesse período; 4) a geração de energia advinda do uso bagaço; 5) a capacidade de geração instalada; 6) os preços praticados para a energia elétrica no período analisado; e 7) os custos de implantação, manutenção e operação da usina.

Para aplicar o estudo de caso ao tema proposto, fez-se uma revisão prévia da literatura sobre geração de energia utilizando a biomassa, assim como a bibliografia a respeito da teoria de custos e sobre as técnicas de avaliação de investimentos. Na fase seguinte, na qual foi feito o levantamento dos dados, são descritas as características das usinas escolhidas, tais como: a) capacidade instalada; b) custo de implantação; e c) custo de operação e manutenção, entre outros. Por fim, realizou-se a consolidação dos resultados para apontar os itens de maior peso no custo e a análise de suas trajetórias.

1.6. Relevância da Pesquisa

A cogeração oferece alguns atrativos tanto para o sistema elétrico e o meio ambiente quanto para o empreendedor e para o usuário do serviço. Souza (2003) afirma que, freqüentemente, a geração de excedentes apresenta vantagens comparativas em relação a outros tipos de geração, e enumera algumas delas: a) caracteriza-se pela forma descentralizada (próximo à demanda, podendo atender a sistemas isolados; b) ocorre em períodos secos, quando a oferta hidroelétrica pode estar baixa; c) utiliza combustível e equipamentos locais (de baixa influência cambial); c) é relativamente menos agressora ao meio ambiente; d) o insumo é renovável; e) os investimentos em capital são relativamente menores; f) rápida entrada em operação comercial; e g) emprega mão-de-obra em zona rural.

É relevante citar as possibilidades de receita adicional proveniente da comercialização de Reduções Certificadas de Emissão (RCEs), já que a utilização do bagaço de cana-de-açúcar nos processos de cogeração caracteriza a geração por fonte renovável. Isto permite atrair investimentos para projetos implementados sob as regras do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que prevêm a redução de emissões de gases de efeito estufa pelos países signatários do Protocolo de Kyoto (listados no Anexo B), cujas RCEs podem ser transacionadas (SANCHES, 2003). Algumas empresas brasileiras já negociam RCEs com suas congêneres estrangeiras e muitas outras, principalmente as do setor sucroalcooleiro, estão configurando ou já configuraram projetos para submissão à Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC).

A relevância desta pesquisa está em tornar explícita a tendência dos custos de implantação da usina, levando em consideração todos os fatores citados, para incentivar investimentos em energia cogerada a partir da biomassa da cana-de-açúcar.

1.7. Estrutura do Trabalho

Para chegar aos objetivos propostos, este estudo foi estruturado em seis capítulos. Além deste primeiro capítulo introdutório, em que se expôs a relevância do seu tema, seus objetivos e sua justificativa, bem como a questão central e a hipótese a ser por ele testada, fazem parte de seu arcabouço mais cinco capítulos, assim distribuídos: o segundo capítulo enfoca o contexto da cana-de-açúcar na matriz energética brasileira, tratando especificamente do bagaço de cana-de-açúcar, além de expor e discutir as características do setor sucroalcooleiro e sua participação na matriz energética do país. Analisa, ainda, as formas de comercialização dessa energia por meio dos ambientes de contratação livre e regulada. Finalmente, compara a produção dessa energia do bagaço pelo autoprodutor e pelo produtor independente.

O terceiro capítulo, “Revisão bibliográfica”, aborda, do ponto de vista teórico, as tecnologias de cogeração em uso no setor sucroalcooleiro e o bagaço de cana enquanto insumo para a geração de energia elétrica e de vapor de processo. Faz-se também a revisão da literatura sobre os métodos tradicionais de avaliação de investimentos oriundos da matemática

financeira, como a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e os Períodos de *Payback* Simples e Descontado. O mesmo se faz com a literatura sobre a estrutura conceitual de custos, apoiando-se na perspectiva de estudiosos como Martins (2003), para quem a estrutura de custos representa uma integração entre o processo de investimentos e a gestão da empresa como um todo, num ambiente de negócios crescentemente competitivo e globalizado. Nestes processos há uma constante busca por altos níveis de qualidade, eficiência e produtividade, como tem sido o caso dos que envolvem a produção de cana-de-açúcar e seus derivados nas últimas décadas no Sudeste no país.

No quarto capítulo são descritas as quatro usinas selecionadas e apresentados os dados relevantes à análise de custos e à viabilidade dos processos de cogeração. Esses dados são, por sua vez, comparados e analisados no quinto capítulo, onde é realizado um exame da viabilidade econômico-financeira da utilização do bagaço de cana-de-açúcar na geração de energia elétrica no Estado de São Paulo. Faz-se, ainda, a mensuração dos custos e a análise de sua composição na geração de energia elétrica por cada uma das quatro usinas.

A partir dos resultados das análises de viabilidade econômico-financeira e da análise de custos, feitas com base nos dados levantados no estudo de caso, busca-se sintetizar os resultados nas considerações finais, onde também são feitas sugestões para futuros trabalhos que possam dar continuidade a esta pesquisa.

2. A CANA-DE-AÇÚCAR NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

2.1. Caracterização do Setor Sucroalcooleiro

O Balanço Energético Nacional do Ministério das Minas e Energia (MME, 2007) mostra que a oferta brasileira de energia fundamenta-se principalmente nos combustíveis fósseis (carvão e petróleo) e na hidroeletricidade, e afirma que elas ainda terão, por muito tempo, papel importante na matriz energética nacional. O documento destaca também a necessidade de implementação de programas que busquem fontes alternativas de energia para que haja maior confiabilidade da oferta existente no mercado, lançando-se, desta forma, as bases para o desenvolvimento brasileiro.

O cultivo da cana-de-açúcar ligado ao uso da biomassa dela proveniente para fins energéticos permitem ao Brasil ocupar posição estratégica privilegiada no cenário nacional. A biomassa residual resultante do processo industrial das usinas sucroalcooleiras, em grande quantidade, integra-se favoravelmente ao processo de cogeração, que constitui-se da produção simultânea e seqüenciada de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível (COGEN, 2008).

A cogeração é uma prática cada vez mais tradicional do setor sucroalcooleiro, sendo aplicada em várias partes do mundo. No Brasil, desde a instituição do Programa Brasileiro do Álcool (Proálcool¹), parte significativa das usinas sucroalcooleiras tornou-se auto-suficiente em termos energéticos. Elas passaram a gerar toda a energia necessária para suprir sua demanda utilizando cada vez mais o bagaço da cana-de-açúcar, que responde por 30% do conteúdo energético da cana moída, chegando a render excedentes que podem ser vendidos à rede (BRIGHENTI, 2003).

¹ O Programa Brasileiro do Álcool (Proálcool) foi um bem-sucedido programa de substituição em larga escala dos derivados de petróleo, financiado pelo governo brasileiro a partir de 1975, por conta da crise do petróleo de 1973. Foi criado pelo Decreto nº 76.593, com o objetivo de estimular a produção de álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos.

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica (EPE, 2008), existem 4.113 MW atualmente instalados no setor sucroalcooleiro, com cerca de 900 MW excedentes para comercialização. As perspectivas para 2017 são de um potencial de 12.000 MW instalados, com cerca de 8.000 MW excedentes gerados para comercialização.

Além da contribuição para mitigar o aquecimento global, já prestada pelo setor sucroalcooleiro e seus produtos através da oferta do etanol como combustível automotivo e da cogeração de energia a partir do bagaço para suprimento da demanda interna, as usinas sucroalcooleiras brasileiras têm contribuído para a diminuição do efeito estufa por meio de projetos regidos pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto. Isso porque vendem seus excedentes de energia para a rede elétrica nacional, deslocando e substituindo parte da geração de energia fóssil cujo consumo seria muito maior sem esta contribuição. O chamado mercado de créditos de carbono contribui para tornar mais atrativos os projetos de cogeração com bagaço, viabilizando, em muitos casos, o aumento de produção de energia renovável e a diminuição do uso dos combustíveis fósseis.

2.2. O Setor Sucroalcooleiro Brasileiro

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância para a economia brasileira. Representa 2,2% do PIB, com um faturamento anual de mais de US\$ 8 bilhões, e gera aproximadamente um milhão de empregos diretos, em dados de anos imediatamente anteriores a 2004 (ver MACEDO et al., 2004).

A cana plantada se destina à produção de açúcar e de álcool em proporção aproximada de 50% para cada produto final, sendo que a Região Centro-Sul concentra a maior parte das áreas de cultivo. O Estado de São Paulo é o maior produtor, seguido de Paraná e Minas Gerais. Essa cultura no Brasil apresenta tradicionalmente dois períodos de colheita: na região Norte-Nordeste a safra vai de setembro a março e na Centro-Sul, de maio a novembro.

A safra brasileira 2006/2007, conforme levantamento da União da Indústria de Cana de São Paulo (UNICA, 2008a), detalhado na tabela 2.1 abaixo, foi de 426.002.444 toneladas, sendo o Centro-Sul responsável por 87% da produção nacional e o Norte-Nordeste pelos 13% restantes. O Estado de São Paulo lidera o ranking de produção, seguido de Paraná, Minas Gerais, Alagoas, Goiás e Pernambuco.

A produção da região Norte-Nordeste é reduzida devido a seu alto custo, pois as condições climáticas são mais desfavoráveis. A cana-de-açúcar precisa de contrastes definidos entre períodos úmidos e períodos secos para que sua produção encontre o ponto de economicidade. A distribuição da produção no país pode ser vista na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Produção de cana-de-açúcar, álcool e açúcar no Brasil (safra 2006/2007)

	Cana-de-açúcar (toneladas)	Álcool Anidro (m³)	Álcool Hidratado (m³)	Álcool Total (m³)	Açúcar (toneladas)
ESTADOS SAFRA 06/07					
Alagoas	23.635.100	270.665	333.512	604.177	2.136.900
Pernambuco	15.293.700	200.589	118.349	318.938	1.357.300
Paraíba	5.107.700	136.429	178.685	315.114	154.000
Rio G. do Norte	2.397.400	53.367	24.466	77.833	259.000
Bahia	2.185.600	65.324	28.638	93.962	115.700
Maranhão	1.660.300	107.899	20.570	128.469	2.700
Sergipe	1.136.100	31.243	22.590	53.833	50.400
Piauí	706.000	39.202	11.299	50.501	0
Pará	697.400	42.698	9.120	51.818	5.100
Amazonas	224.700	0	5.650	5.650	15.700
Tocantins	179.300	9.442	2.125	11.567	0
Ceará	27.400	0	1.002	1.002	1.500
Rondônia	0	0	0	0	0
Acre	0	0	0	0	0
Norte - Nordeste	53.250.700	956.858	756.006	1.712.864	4.098.300
ESTADOS SAFRA 06/07					
	Cana-de-açúcar (toneladas)	Álcool Anidro (m³)	Álcool Hidratado (m³)	Álcool Total (m³)	Açúcar (toneladas)
São Paulo	264.336.825	5.274.952	5.678.985	10.953.937	19.507.637
Paraná	31.994.581	426.640	892.264	1.318.904	2.105.974
Minas Gerais	29.034.195	600.855	690.590	1.291.445	1.911.700
Goiás	16.140.043	382.462	439.094	821.556	765.717
Mato Grosso	13.179.510	313.650	443.601	757.251	540.200
Mato G. do Sul	11.635.096	207.153	433.690	640.843	440.997
Rio de Janeiro	3.445.154	29.429	58.026	87.455	262.104
Espírito Santo	2.894.421	119.652	53.540	173.192	48.949
R. G. Sul	91.919	0	5.686	5.686	0
Santa Catarina	0	0	0	0	0
Centro - Sul	372.751.744	7.354.793	8.695.476	16.050.269	25.583.278
Brasil	426.002.444	8.311.651	9.451.482	17.763.133	29.681.578

Fonte: UNICA, 2008a.

A produção de etanol cresceu de 0,6 milhões de metros cúbicos em 1975, no início do Proálcool, para quase 18 milhões de metros cúbicos na safra 2006/2007, com aumento na produtividade agrícola e industrial (GOLDEMBERG et al., 2008). De acordo com Coelho et al. (2005, p.3), os subsídios aplicados ao Proálcool no passado permitiram a expansão do setor e a modernização das tecnologias de produção, tornando esta economicamente competitiva, com custos relativamente baixos. Assim, o etanol brasileiro tornou-se competitivo com a gasolina no mercado internacional, conforme mostrado na figura 2.1.

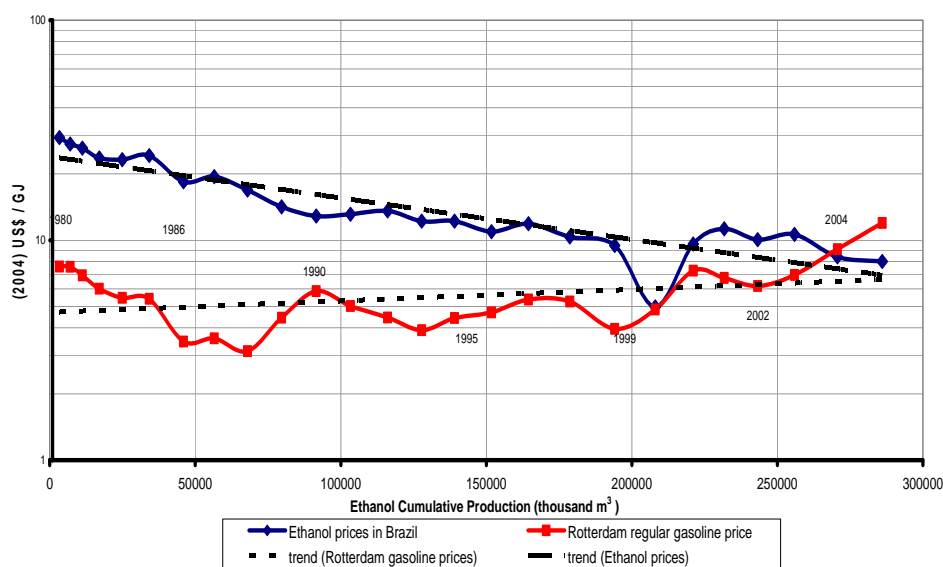


Figura 2.1 Curva de aprendizado: competitividade do etanol de cana-de-açúcar brasileiro com a gasolina.

Fonte: Nastari, 2005 apud COELHO, Suani Teixeira et al., (2005).

Desde o surgimento do Proálcool até 2008, o Brasil é o líder mundial na produção de cana-de-açúcar e de seus principais produtos, açúcar e álcool, e experimenta uma nova fase de expansão, em função do aumento das demandas interna e externa por álcool combustível para mistura à gasolina como etanol anidro e utilização nos veículos bicomcombustível como etanol hidratado.

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2007) para a safra 2007/2008, a produção de cana-de-açúcar da indústria sucroalcooleira atingiu 473,16 milhões de toneladas, ocupando mais de 6 milhões de hectares, das quais 46,92% destinam-se à produção de açúcar e 53,08% à de álcool. Foram produzidos 21,30 bilhões de litros de álcool, sendo 40,29% anidro, 59,60% hidratado, 0,11% neutro e 30,04 milhões de toneladas de açúcar.

O setor contava, em maio 2008, com 387 usinas em operação cadastradas² no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008) das quais 79 se encontram na região Norte-Nordeste e 308, na região Centro-Sul, conforme demonstrado na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Número de usinas de cana-de-açúcar no Brasil.

Estados	Usinas
Alagoas	25
Pernambuco	24
Paraíba	9
Maranhão	4
Rio Grande do Norte	4
Sergipe	4
Bahia	3
Ceará	2
Rondônia	1
Amazonas	1
Pará	1
Piauí	1
Acre	0
Tocantins	0
Norte-Nordeste	79
Estados	Usinas
São Paulo	182
Minas Gerais	34
Paraná	33
Goiás	22
Mato Grosso do Sul	12
Mato Grosso	11
Rio de Janeiro	7
Espírito Santo	6
R. G. Sul	1
Santa Catarina	0
Centro-Sul	308
Brasil	387

Fonte: CONAB, 2007

² Posição em 15/05/2008.

O parque da agroindústria canavieira nacional possuía, até julho de 2008, 393 usinas em atividade, sendo 313 na região Centro-Sul e 80 na Norte-Nordeste, além de cerca de 91 projetos em fase de implantação e desenvolvimento e 23 em estudo, até o ano de 2010 (EPE, 2008). Assim, é possível constatar que a indústria canavieira encontra-se em franco desenvolvimento, em função do crescimento dos mercados interno e externo do açúcar e do álcool.

A produção de cana em 2007 foi de cerca de 500 milhões de toneladas e estima-se atingir cerca de 1.075 milhões de toneladas em 2017. Tal incremento representa um crescimento médio nacional da ordem de 8 % a.a neste período, denotando o relevante potencial deste energético, para o planejamento de sua expansão.

Este potencial não se distribui uniformemente. Cerca de 80% dele se concentra na região Centro-Sul, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás. Apenas 20% advêm da região Norte-Nordeste, sobretudo dos estados de Alagoas e Pernambuco, com o Maranhão despontando na terceira posição ao fim de 2007.

Segundo Tolmasquim (2007), ao cenário internacional favorável de aumento de demanda do etanol aliam-se o potencial de expansão agrícola do país e o grau de maturidade da indústria sucroalcooleira nacional. Essa indústria tem sido capaz de tirar proveito dessa oportunidade com reflexos nas exportações brasileiras, não apenas do produto, mas também de tecnologia e equipamentos para outros países.

Além do mercado interno, a tendência mais provável, segundo Torquato (2007), era a concretização da expansão da área canavieira no Brasil devido também à grande procura dos mercados dos EUA, Japão e Europa por biocombustíveis. Em consequência, observa-se a ampliação de unidades existentes e a instalação de novas unidades, com tecnologias avançadas de produção já disponíveis no país.

O mesmo autor lembra, ainda, que a exposição internacional do setor sucroalcooleiro levanta questões ambientais que preocupam os órgãos brasileiros e grupos de investidores estrangeiros, obrigando o país a melhorar as práticas ambientais em regiões canavieiras tradicionais, de modo que as novas áreas de produção sejam sustentáveis. Sabe-se que a expansão desordenada e não sustentável do cultivo para a produção de álcool combustível no

Brasil certamente trará danos ambientais significativos e prejuízos para as negociações comerciais, dado que a comunidade internacional não aprovará a compra de um combustível produzido de maneira não adequada.

As projeções da área de produção de cana-de-açúcar para a safra de 2020/2021 são de 13,9 milhões de hectares (metade da área atual de soja), com produção de etanol que poderá chegar a 65 bilhões de litros (JANK, 2007), conforme apresentado na tabela 2.3 a seguir.

Tabela 2.3 – Estimativa de expansão da produção nacional de cana-de-açúcar.

	2010/2011	2015/2016	2020/2021
Cana (milhões de toneladas)	601	829	1.038
Área cultivada (milhões de hectares)	8,5	11,4	13,9
Açúcar (milhões de toneladas)	34,6	41,3	45
Álcool (bilhões de litros)	29,7	46,9	65,3
Bioeletricidade* (MW médio)	3.300	11.500	14.400
Participação Matriz Energética	6%	15%	15%

(*) Considerar para a safra 2010/2011: utilização de 75% de bagaço; safras 2015/2016 e 2020/2021: 75% de bagaço + 50% da palha/ponta disponível.

Fonte: Adaptado de UNICA, 2008b.

2.3. O setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo é reconhecidamente o maior pólo industrial e agrícola mundial da cultura de cana-de-açúcar. As maiores usinas transformadoras de cana-de-açúcar estão localizadas no Estado, bem como associações de produtores da agroindústria sucroalcooleira e indústrias de equipamentos destinados ao setor.

Segundo o ranking de produção do Centro-Sul para a safra 2006/2007 (UNICA, 2008a), o Estado de São Paulo produziu cerca de 264 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, alcançando 71% da produção da região e 62% da produção nacional. A produção de álcool na mesma safra alcançou 10 bilhões de litros e a de açúcar chegou a mais de 19 milhões de toneladas.

Atualmente existem 182 usinas de açúcar e álcool em operação no Estado de São Paulo Produzirão 278,55 milhões de toneladas de cana ao final da safra 2007/2008, o que corresponde a 58,87% da cana-de-açúcar do país (CONAB, 2007).

Em 2006, eram cerca de 136 os novos projetos de usinas de açúcar e álcool em andamento no país, em diferentes fases de implementação para até 2014. Destes, 41 situam-se no Estado de São Paulo, mais especificamente nas regiões administrativas de Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente, consideradas áreas de expansão canavieira (NASTARI, 2006).

Nesse contexto, em 2006, o Cenbio realizou, em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP), um estudo sobre a expansão da cana-de-açúcar nas onze Regiões Administrativas de maior produção. Na tabela 2.4 é possível observar a evolução da expansão ao longo do período estudado, de 2003 a 2006.

Tabela 2.4 - Evolução percentual das áreas de cana para o Estado de São Paulo.

Regiões Administrativas	Evolução 2003-2004	Evolução 2004-2005	Evolução 2005-2006	Evolução 2003-2006
Campinas	8,40%	0,66%	0,28%	9,42%
Ribeirão Preto	0,07%	9,71%	1,08%	10,97%
Bauru	7,06%	3,25%	4,00%	14,97%
Araçatuba	13,29%	-4,65%	8,69%	17,42%
Central	6,21%	8,27%	4,70%	20,40%
Sorocaba	10,11%	3,82%	5,65%	20,78%
Franca	6,20%	14,44%	3,76%	26,10%
Marília	20,41%	8,44%	10,50%	44,29%
Barretos	18,34%	15,13%	9,20%	48,78%
São José do Rio Preto	13,99%	13,77%	20,25%	55,95%
Presidente Prudente	17,10%	14,99%	19,99%	61,57%

A região de Ribeirão Preto é considerada o principal pólo sucroalcooleiro do mundo com área de cultivo bastante consolidada e, sendo assim, apresenta expansão reduzida devido à saturação agrícola da região por cana-de-açúcar.

Fonte: LORA et. al. 2006.

Observa-se clara expansão no Estado de São Paulo, totalizando crescimento 26,04% entre 2003 a 2006 (LORA et al., 2006), o que levantou freqüentes questões a respeito da sustentabilidade da produção canavieira brasileira, aumentando, com isso, a capacidade de geração de energia por meio da utilização do bagaço de cana-de-açúcar.

As medidas para a eliminação das queimadas em áreas compatíveis com a mecanização da colheita iniciaram-se mediante a Lei Estadual nº 11.241/2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha e prevê 100% de eliminação em 2031. Atualmente, está em vigor 30% de eliminação da área de queima, controlada pelo Sistema

Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM)³, da Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e de Proteção dos Recursos Naturais (CPRN) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/SP). Tal medida contribuirá para o aumento da matéria-prima (palhiço) destinada à geração de energia elétrica, o que aumentará a oferta de energia excedente a ser vendida. A tabela 2.5 apresenta os prazos estabelecidos na lei para eliminação da queima no Estado de São Paulo.

Tabela 2.5 - Eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.

Ano	Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima da cana-de-açúcar (% eliminação)
1º ano (2002)	20% da queima eliminada
5º ano (2006)	30% da queima eliminada
10º ano (2011)	50% da queima eliminada
15º ano (2016)	80% da queima eliminada
20º ano (2021)	100% da queima eliminada
Ano	Área não mecanizável, declividade superior a 12% (% eliminação)
1º ano (2011)	10% da queima eliminada
5º ano (2016)	20% da queima eliminada
10º ano (2021)	30% da queima eliminada
15º ano (2026)	50% da queima eliminada
20º ano (2031)	100% da queima eliminada

Fonte: (SÃO PAULO (Estado), 2002).

Em 2007, uma iniciativa conjunta foi assinada rumo à antecipação dos prazos de eliminação da queima e à promoção da sustentabilidade da agroindústria canavieira; o Governo de São Paulo, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento e a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), firmaram um protocolo de cooperação, o Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro Paulista, no âmbito do Programa Etanol Verde.⁴ O protocolo oferece benefícios às boas práticas do

³ A SMA monitora as condições climáticas dos municípios do Estado e avalia e autoriza a suspensão da queima da palha de cana para o resguardo e recuperação da qualidade de vida e saúde da população, quando as condições atmosféricas estiverem desfavoráveis.

⁴ O Programa Etanol Verde estabelece a adoção de procedimentos técnicos pelas usinas de cana-de-açúcar para promover a produção sustentável do etanol, a saber: antecipação do prazo para a eliminação da queima da cana de 2021 para 2014; em terrenos com declividade acima de 12%, o prazo antecipado de 2031 para 2017; colheita mecanizada sem queima nas áreas de expansão de canaviais; proteção de área de matas ciliares; proteção das nascentes de água e recuperação da vegetação; plano de combate à erosão; plano de conservação dos recursos

setor sucroalcooleiro, por meio de um certificado de conformidade, apresentados na tabela 2.6 (LUCON, 2008).

Tabela 2.6 - Prazos de eliminação da queima da cana-de-açúcar segundo o Protocolo Agroambiental.

Ano	Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima da cana-de-açúcar (% eliminação)
2010	70% da queima eliminada
2014	100% da queima eliminada
Ano	Área não mecanizável, declividade superior a 12% (% eliminação)
2010	30% da queima eliminada
2017	100% da queima eliminada

Fonte: LUCON, 2008.

Na legislação brasileira, o emprego do fogo já é proibido pelo Código Florestal (Lei nº 4.771/1965), artigo 27º. No entanto, somente o Estado de São Paulo possui legislação e fiscalização específica para a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.

O grande desafio da expansão de culturas de fontes de energia é a necessidade de preservação de ecossistemas como o Cerrado, o Pantanal, a Mata Atlântica e a Amazônia. A expansão da cultura canavieira não deve exercer pressão para o desmatamento da Amazônia, efeito indireto da expansão sobre outras culturas ou a pecuária, empurrando-as para outras localidades e assim fazendo com que culturas agrícolas avancem sobre o solo amazônico.

Em setembro de 2008, a Secretaria de Meio Ambiente (SMA) lançou o Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro do Estado de São Paulo. O estudo baseia-se na aptidão edafoclimática para cultura da cana, áreas de restrição à colheita mecânica (declividade), disponibilidade de águas superficiais e vulnerabilidade de águas subterrâneas, unidades de conservação e preservação, áreas prioritárias para incremento da biodiversidade e qualidade do ar nas bacias aéreas. Os resultados mostram que existem cerca de 3.900.855 hectares de área no Estado, definida como adequada pelo estudo para cultivo da cana sem restrições ambientais. Outros 8.614.161 hectares de área possuem limitações ambientais,

hídricos e controle de qualidade; boas práticas para descarte de embalagens vazias de agrotóxicos, entre outros (LUCON, 2008).

5.546.510 hectares possuem restrições ambientais ao cultivo e 6.741.748 hectares são considerados inadequados, conforme apresentado na figura 2.2, a seguir.

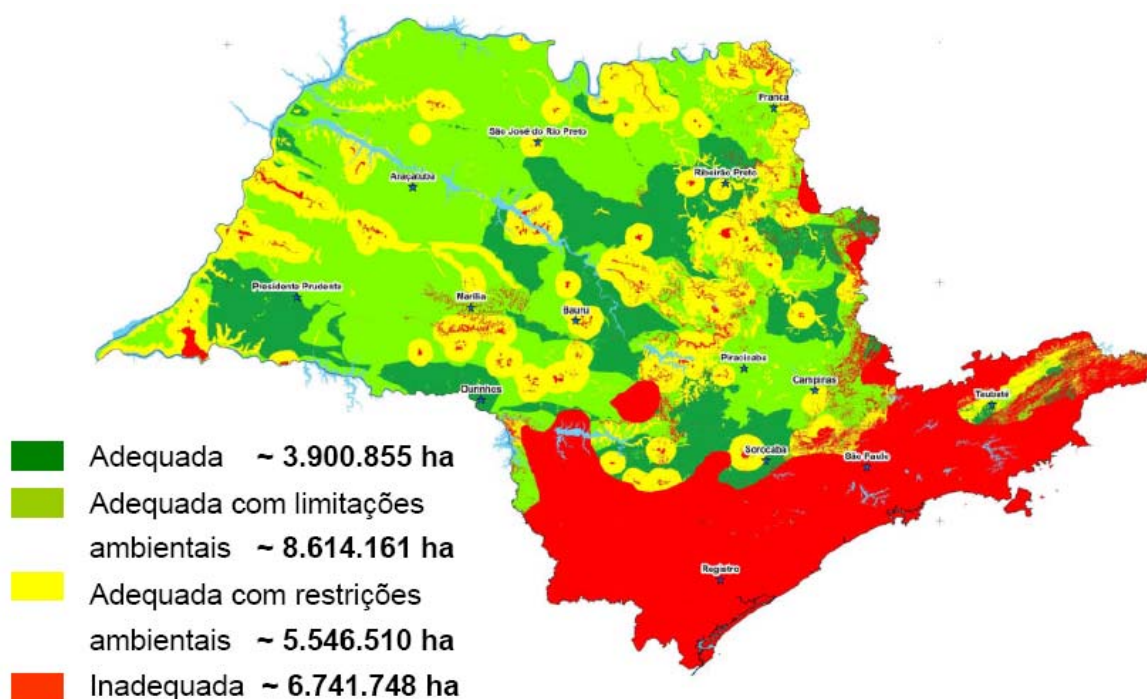


Figura 2.2 Zoneamento Agroambiental para o setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.
 Fonte: SMA, 2008.

O setor de bioenergia brasileiro busca, como qualquer setor econômico, garantir sua sustentabilidade. Pelas suas importantes vantagens socioambientais cabe ao Estado de São Paulo liderar esse processo tanto para assegurar as condições do agronegócio como para difundir boas práticas em escala nacional e global (LUCON, 2008).

2.4. Ciclo produtivo da cana-de-açúcar

As etapas iniciais do ciclo produtivo da cana-de-açúcar envolvem: o preparo do solo, o plantio das mudas e os tratos para a prevenção de pragas, além da ferti-irrigação. Após a maturação, a cana passa pelo processo de colheita, que envolve as etapas de limpeza (eliminação de pontas e folhas), corte e carregamento. Os três tipos de colheita mais difundidos no Brasil são: (1) semi-mecanizada, ou seja, limpeza do canavial com queima, corte manual e carregamento mecanizado feito por guas carregadoras; (2) mecanizada com colheita de cana queimada, ou seja, limpeza com queima e corte, e carregamento mecanizado,

feitos por colheitadeiras de cana picada; e (3) mecanizada com colheita de cana crua, ou seja, corte, limpeza e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada.

Para o corte sem queima, a colheita mecanizada se torna mais viável, embora os investimentos em equipamentos sejam elevados. Entretanto, o setor terá que se adequar à colheita da cana sem queima, já que a Lei Estadual 11.241/02, a ser detalhada posteriormente, estabelece um cronograma de eliminação das queimadas até 2031.

Após a colheita, a cana é transportada em caminhões até as usinas, onde é pesada, amostrada e descarregada. Para o transporte, podem ser usados caminhões de 15, 28 ou até 45 toneladas de capacidade de carga, que percorrem distância média de 20 km até usinas e destilarias, segundo Macedo, Leal e Silva (2004).

Na amostragem são obtidos dois importantes parâmetros que determinam a qualidade da cana recebida: o teor de sacarose aparente e a porcentagem de sólidos solúveis. Também importante é o teor de fibra da cana, pois reflete a quantidade de bagaço que estará disponível após a extração do caldo. Toda a cana é descarregada de forma mecanizada, em sistemas de lavagem e preparo.

No processo de lavagem, é lavada com água sobre mesas que alimentam a linha de produção reduzindo-se ao máximo a quantidade de impurezas que possam prejudicar seu rendimento nas etapas subsequentes. Esse procedimento é comumente realizado para a cana queimada. Após a lavagem, inicia-se a etapa de preparo, quando é feita a desintegração parcial do colmo, de maneira a facilitar o processo de extração da sacarose. As operações básicas são corte, com uso de facas rotativas, e desfibramento, quando é destruída a estrutura original da cana.

Em seguida é realizada a extração do caldo, que pode ser feita em difusores (prática pouco empregada no Brasil) ou a partir do esmagamento da cana por conjuntos de cilindros metálicos, conhecidos como moendas. Para que a eficiência de extração da sacarose seja elevada, realiza-se a embebição, com adição de água ou caldo à matéria submetida à moagem. Os equipamentos que compõem as etapas de preparo e moagem são normalmente acionados por turbinas a vapor, que convertem a energia térmica contida no fluxo de vapor em energia

mecânica disponível no eixo das turbinas. É nesta etapa do processo que o bagaço é disponibilizado.

O caldo extraído da cana é, então, distribuído para as etapas de produção de açúcar e álcool. Na produção de açúcar, o tratamento do caldo passa por uma seqüência bem definida: as etapas incluem tratamento preliminar, composto de desaerador e peneira, para eliminação de impurezas; sulfitação, adição de ácido fosfórico e adição de cal, para o clareamento do caldo; e decantação. Se o destino for a produção de etanol, por outro lado, não há padronização de tratamento. Há usinas e destilarias que não fazem tratamento algum, outras pasteurizam o caldo aquecendo-o e resfriando-o, e existem, ainda, as que fazem tratamento similar ao da produção de açúcar, a menos da sulfitação (LEME, 2005).

Os principais resíduos resultantes do processo produtivo da cana-de-açúcar são: a palha, o bagaço, cinzas, a torta de filtro e o vinhoto ou vinhaça.

A palha (pontas e folhas) é um resíduo da colheita da cana crua. Segundo Macedo, Leal e Silva (2004), considerando a rota de corte e limpeza mecanizados de cana picada, seguida de enleiramento, enfardamento e transporte da palha, pode-se adotar índice de 140 kg de palha, com 15% de umidade, por tonelada de cana moída, com poder calorífico inferior de aproximadamente 12.750kJ/kg. Nota-se aqui a significativa característica energética da palha, que desperta o interesse de aproveitamento como combustível, já que seu poder calorífico é quase 70% maior que o poder calorífico do bagaço (LEME, 2005).

Enquanto a palha é um resíduo gerado na colheita da cana, o bagaço e o vinhoto são os principais resíduos resultantes do seu processamento industrial. O bagaço é resultante da etapa de moagem e tradicionalmente utilizado como combustível nas usinas e destilarias de todo o setor, sendo transportado em esteiras das moendas ou difusores até os alimentadores de bagaço das caldeiras, para ser queimado.

Macedo, Leal e Silva (2004) estimam que o índice de produção de bagaço pode chegar a 280 kg por tonelada de cana moída, com 50% de umidade e poder calorífico inferior da ordem de 7.500 kJ/kg.

Há diversas outras formas de aproveitamento do bagaço, por exemplo: produção de ração animal composição de chapas estruturais para a indústria moveleira; fabricação de papel; produção de furfural; e até hidrólise para produção de álcool.

Considerando-se o elevado poder energético que apresentam os resíduos resultantes do ciclo produtivo da cana-de-açúcar, incluindo o bagaço e a palha, é que se vislumbra o potencial de geração de eletricidade excedente pelo setor sucroalcooleiro para a comercialização com a rede pública. Ressalte-se, ademais, a importância desse tipo de geração no contexto de produção de eletricidade por fontes alternativas ao petróleo.

2.5. O Processo de cogeração de energia elétrica

Na definição que consta da Resolução ANEEL 235/2006, Artigo 3º, “Cogeração é um processo operado numa instalação específica para fins da produção combinada das utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária [...]” (ANEEL, 2006).

O bagaço de cana-de-açúcar é, sem dúvida, a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica, mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool, por meio da cogeração (GUARDABASSI, 2006).

A cogeração está associada a algumas importantes vantagens, como eficiência maior na utilização de insumos energéticos e impactos ambientais reduzidos. É considerada uma prática de conservação de energia e de racionalidade energética, baseada no princípio de aproveitamento do calor rejeitado em máquinas térmicas (NOGUEIRA; MARTINS, 1997).

A cogeração atende perfeitamente às necessidades da indústria sucroalcooleira, que, além de demandar potência elétrica e térmica, dispõe de combustível residual (bagaço) que se integra de modo favorável ao processo.

Além da produção de energia elétrica suficiente para o consumo industrial próprio (quase a totalidade das usinas brasileiras são auto-suficientes) a cogeração propicia excedentes de eletricidade, dependendo da tecnologia empregada. A cana-de-açúcar permite

baixos custos de produção de açúcar e álcool, pois toda a energia consumida em seu processo é proveniente de seus próprios resíduos (bagaço).

Ao contrário do que acontecia no início do Proálcool, quando o bagaço de cana era considerado indesejável, sendo queimado em caldeiras ineficientes, de baixa pressão, hoje muitas usinas já utilizam equipamentos eficientes e, além de suprirem sua própria demanda de energia, vendem o excedente de eletricidade para a rede (GOLDEMBERG et al. 2008).

A eletricidade excedente a que se referia o decreto sobre a autoprodução consistia na diferença entre a geração elétrica obtida pela plena utilização da capacidade instalada do autoprodutor e o seu consumo próprio. Em situações excepcionais, caracterizadas pela escassez de energia elétrica, ou na perspectiva de escassez, poderia ser determinado aos autoprodutores o suprimento compulsório dessa energia aos concessionários de serviços públicos de eletricidade. Com a nova regulamentação da indústria de eletricidade, a partir de 1995 surgiram novos agentes no setor. Ficou então estabelecida, por meio do decreto nº 2003, de 10 de setembro de 1996, uma nova regulamentação da produção de energia elétrica, por produtor independente e por autoprodutor.

No Brasil, a cogeração foi explorada pelo setor industrial, geralmente com foco na auto-suficiência energética, sobretudo considerando-se os ganhos econômicos resultantes. Os segmentos industriais que tipicamente empregam a tecnologia de cogeração são o sucroalcooleiro, o de celulose e papel, o siderúrgico e o de refino de petróleo. A cogeração foi regulamentada com o Decreto-lei nº 1.872, de 21 de maio de 1981, que permitia aos concessionários de serviço público de eletricidade adquirir energia elétrica excedente, gerada por autoprodutores, com a utilização de fontes energéticas que não empregavam combustíveis derivados de petróleo.

Para Nagaoka⁵ (2002 *apud* MENEGHELLO; Luiz Augusto 2006, p.7), a comercialização da energia elétrica cogerada pelo setor sucroalcooleiro começa a ser viabilizada com a reforma do setor elétrico brasileiro, que visou permitir que o governo

⁵ NAGAOKA, Marilda da Penha Teixeira. **A comercialização da energia elétrica cogerada pelo setor sucroalcooleiro em regiões do Estado de São Paulo**. Botucatu, São Paulo, 2002. 137p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2002.

elaborasse políticas energéticas e regulamentasse o setor, transferindo ao setor privado as responsabilidades sobre a operação do sistema elétrico e de novos investimentos.

Guardabassi (2006) ressalta que essa realidade só começou a mudar em 2001, quando o Brasil foi afetado por uma grave crise de abastecimento e conseqüente racionamento de energia, quando o setor vislumbrou vantagens na geração de excedentes.

A conjunção de fatores como a abertura do mercado da produção da eletricidade para pequenos fornecedores e a alta produtividade atingida pelo setor sucroalcooleiro brasileiro, acrescida pela modernização de equipamentos e processos industriais de transformação da biomassa, faz das usinas do setor, atualmente, unidades comercializadoras de energia elétrica.

As usinas sucroalcooleiras do Estado de São Paulo somam uma potência instalada total de mais de 1.700 MW (70% do setor de cogeração do Brasil), sendo o total de energia vendida no mercado de 900 MW médios, 400 MW (46%) comprados pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e 272 MW (31%) contratados pelo PROINFA (GOLDEMBERG et al., 2008).

Entretanto, devido à expansão do setor sucroalcooleiro prevista para os próximos anos, ao aproveitamento de palhas e pontas para a cogeração (mais combustível para as caldeiras) e à possibilidade de *retrofit* nas usinas existentes, aumentando a capacidade de geração, com maior eficiência no processo, o potencial de produção de energia do Estado de São Paulo pode superar os 10.000 MW até 2015 (ANDRADE & CANELLAS, 2007; GOLDEMBERG et al., 2008).

O aumento gradual desses excedentes de energia é obtido principalmente por meio do *retrofit* das usinas existentes, que ocorre com a elevação dos níveis de pressão de 21 para 40 ou 65 bar, na maioria dos casos mantendo-se a tecnologia de contrapressão existente, efetuando a instalação de turbinas de múltiplo estágio que permitem uma economia considerável do vapor, que se expande nos turbo geradores aumentando a eletricidade gerada (ANDRADE & CANELLAS, 2007).

2.6. Caracterização dos sistemas de cogeração por bagaço

Segundo Leme (2005), a geração de vapor é realizada em caldeiras do tipo aquatubular, que utilizam bagaço de cana como combustível. Para tais equipamentos há basicamente três modelos: caldeiras com fornalha do tipo ferradura, caldeiras com grelha plana ou inclinada, e caldeiras que realizam queima em suspensão. Os dois primeiros modelos realizam queima em leito fixo (em pilhas), já o terceiro, realiza queima em suspensão. O tipo de queima influencia a caldeira. Aquelas com queima em leito fixo são mais antigas e ineficientes, e bastante comuns no setor por terem sido empregadas nas primeiras unidades produtivas. Já aquelas com queima em suspensão são mais modernas, apresentam maior eficiência e possibilitam maiores capacidades de operação. Estas últimas têm sido a opção quando da substituição de equipamentos antigos e instalação de novas unidades.

Com relação à eficiência das caldeiras, um ponto importante a destacar é o aproveitamento da energia contida no fluxo de gases de exaustão. Isso pode ser feito através de superaquecedores de vapor, que aumentam a temperatura do vapor gerado; através de economizadores que, ao aquecer a água de alimentação da caldeira, reduzem o consumo de bagaço; e com pré-aquecimento do ar de combustão, que tem o mesmo efeito. O vapor gerado atende a duas demandas de energia: eletromecânica e térmica. O atendimento da demanda eletromecânica é feito pelo acionamento de turbinas a vapor acopladas a geradores de eletricidade, moendas, bombas e ventiladores. A demanda térmica do processo é atendida pelo vapor de escape das turbinas, o que caracteriza a cogeração de energia (LEME, 2005).

Leme (2005) também afirma que a vantagem da cogeração é o uso mais eficiente do conteúdo de energia da fonte primária, por meio do aproveitamento de parte da energia térmica que normalmente seria rejeitada para a atmosfera. Como indica Holock (1987 *apud* LEME, 2005), o conceito de cogeração vai além do simples aproveitamento de uma corrente com conteúdo térmico útil. O que se busca é a melhor utilização da energia primária, desde a fase de projeto de uma instalação, exigindo-se que o projetista leve em consideração tanto a demanda térmica quanto a potência mecânica ao projetar o sistema de suprimento.

Quanto à geração eletromecânica, o atendimento das demandas de potência elétrica e mecânica é feito por um conjunto de turbinas a vapor, acionadas pelo vapor produzido a partir da queima do bagaço em caldeiras (LEME, 2005). Walter (1994) apresenta três tipos de arranjos usuais quanto ao conjunto de turbinas, todos operando em ciclos a vapor: uso exclusivo de turbinas a vapor de contra-pressão; combinação de turbinas a vapor de contra-pressão com turbinas de condensação; e sistemas mais avançados, que empregam turbinas de extração-condensação de controle automático.

Ainda segundo Walter (2003), os sistemas com turbinas de contrapressão são os mais comuns, sendo empregados basicamente quando o dimensionamento da instalação visa a auto-suficiência eletromecânica. Nesses sistemas, a geração de energia elétrica segue as variações da demanda de vapor de processo determinadas pelo ritmo de operação das usinas e destilarias. Essa é uma barreira importante à comercialização de eventuais excedentes de eletricidade pelo setor.

2.7. Outras aplicações para o bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço é responsável por 25 % a 30 % em peso da cana moída, equivalente a algo entre 74 e 88 milhões de toneladas produzidos por ano no Brasil (Manzano *et al.*, (2000). Por se tratar de grande quantidade de biomassa disponível, devem-se buscar outras aplicações para este resíduo. Dentre elas é destacada a utilização na geração de energia elétrica, além do calor de processo. Não são descartados, entretanto, estudos em andamento sobre o aproveitamento do bagaço para a produção de etanol a partir de tecnologias de segunda e terceira gerações (PARENTE, 2007).

Souza (2003) destaca que o bagaço da cana-de-açúcar representa a maior quantidade de resíduos agroindustriais no país, que são aproveitados de inúmeras maneiras, desde composto para ração animal, fertilizante, biogás, matéria-prima para compensados e para a utilização na indústria química em geral. Todavia, a venda de bagaço excedente a granel é geralmente destinado, como insumo energético, a outras áreas do setor industrial, como papel e celulose, de cerâmicas e retíficas de pneus. Souza (2003) afirma também que a sobra de bagaço não utilizado na geração de energia nas usinas é significativa, apresentando grande potencial viável tecnicamente como complemento para a alimentação de ruminantes.

Suassuna (2002) também defende a utilização do bagaço como ração animal, principalmente na região nordeste do Brasil, onde é evidente a falta, quase completa, do volume indispensável à alimentação dos animais.

A utilização do bagaço da cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos de corte é motivo de estudos que buscam sua maior eficiência, como mostra pesquisa desenvolvida por Rabelo (2002), em que foi avaliada a aplicação de bagaço *in natura* ou tratado sob pressão de vapor como fonte de fibra para os rebanhos.

Outros estudos desenvolvidos para a utilização do bagaço da cana-de-açúcar como ração prevêm sua utilização como alimento de outras espécies, como os coelhos (Vieira et al., (2003).

Rocha (2002) desenvolveu, ainda, trabalho semelhante sobre alimentação de ovinos, mostrando a eficiência do bagaço de cana nesta aplicação.

O bagaço foi alvo de pesquisas desenvolvidas por Moda (2003), que prevê seu uso como base para a cultura de cogumelos, tendo o estudo concluído que o método pode substituir o processo de pasteurização comumente utilizado nesse cultivo, com vantagens econômicas.

2.8. Autoprodução, Produção Independente e a Conjuntura Energética Brasileira⁶

2.8.1. Definições

A autoprodução e a produção independente de energia elétrica exercem papel importante na expansão do parque gerador brasileiro. Diversas novas unidades estão em fase de planejamento e projeto, e algumas em implantação, agregando mais energia ao sistema. Neste capítulo, pretende-se conceituar estas formas de geração, mostrando suas principais definições legais e as características de cada uma, e quais as perspectivas do setor frente à atual conjuntura brasileira na área de energia.

⁶ Definições constam no site da ANEEL – www.aneel.gov.br

A atividade de produção e comercialização de energia no Brasil é regida por leis, decretos e regulamentações, e algumas definições são necessárias para o correto entendimento do papel de cada ator no contexto da geração a partir do bagaço de cana e sua interligação com o sistema elétrico.

Define-se Autoprodutor como a pessoa física ou jurídica, ou empresas reunidas em consórcio, que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada unicamente ao consumo próprio.

O Produtor Independente de Energia (PIE) é a pessoa jurídica, ou empresas reunidas em consórcio, que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio, podendo ser vendida toda a energia produzida ou parte dela.

De acordo com a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, as usinas termoelétricas com potência instalada maior que 5 MW, destinada à produção independente, poderão ser objeto de concessão mediante licitação ou autorização. Na concessão, o poder público permite que um serviço de utilidade pública, tal como a produção de energia, seja explorado comercialmente. Se for na modalidade de autoprodutor, , basta uma autorização para implantação ou ampliação. Esta é solicitada a ANEEL quando do registro do projeto. Para projetos abaixo de 5MW, em qualquer modalidade, basta que o mesmo seja registrado na ANEEL.

No âmbito do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), tem-se a figura do Produtor Independente Autônomo (PIA), que é aquele cuja sociedade não é controlada ou coligada de concessionária de geração, transmissão ou distribuição de energia, nem de seus controladores ou de outra sociedade controlada ou coligada com o controlador comum.

Além disso, tem-se também a figura do Comercializador de Energia, que é a pessoa jurídica constituída exclusivamente para exercer atividades de comercialização de energia elétrica.

2.8.2. Classificação

Devido à enorme variedade de atividades relacionadas à autoprodução de energia, pode-se dividi-la em diferentes categorias. Uma sugestão de Bortoni e Martins (2002) é caracterizar a autoprodução quanto ao:

- grau de dependência com a concessionária;
- regime de disponibilidade de energia.

Quanto ao grau de dependência com a concessionária, pode-se identificar três situações diferentes que definem a forma de relação do Autoprodutor (ou produtor independente) com a concessionária:

- a) Autoprodutor dependente: neste caso, a energia produzida pelo Autoprodutor não é suficiente para atender toda a sua demanda, sendo necessária uma complementação da concessionária.
- b) Autoprodutor auto-suficiente: neste caso, a energia elétrica produzida pelo Autoprodutor é suficiente para atender suas necessidades. Em situações de emergência, pode ser necessário solicitar energia da concessionária.
- c) Autoprodutor com excedente: neste caso, a energia produzida é suficiente para as necessidades do autoprodutor e ainda sobra. Assim, o montante excedente pode ser comercializado com a concessionária, desde que na figura do Produtor Independente.

Quanto ao regime de disponibilidade de energia, podem-se identificar as duas situações seguintes.

- a) Disponibilidade firme não sazonal: aqui, a disponibilidade para a geração de energia ocorre de forma contínua, ao longo de todo o ano.
- b) Disponibilidade firme sazonal: nesse caso, a geração de energia elétrica é feita de forma contínua durante períodos do ano. Um exemplo é a geração de energia com

bagaço de cana em algumas usinas, que ocorre de forma contínua durante aproximadamente seis meses do ano – os meses de safra de cana-de-açúcar.

2.8.3. Perspectivas de expansão da autoprodução na atual conjuntura do Setor Elétrico Brasileiro

O setor elétrico brasileiro vem passando, nos últimos anos, com frequência, por situações críticas culminando em 2001 com o racionamento de energia.

No Plano Decenal da ELETROBRAS, publicado em 1998, o ano de 2000 era citado como crítico em relação ao risco de déficit em energia. Porém, devido à grande quantidade de chuvas naquele ano, esse quadro crítico foi postergado e o racionamento ocorreu somente em 2001.

Diante daquele quadro, em que a demanda por energia era maior que a oferta, a Matriz Energética Nacional foi colocada em discussão, mostrando a necessidade de sua diversificação através da introdução de novas fontes de energia.

A crise do setor elétrico não surgiu por acaso, e essa situação não se resume a um único problema, como a falta de chuvas. Abaixa pluviosidade em 2001 apenas mostrou a fragilidade do sistema. Sabe-se que a crise se deu devido à falta de planejamento estratégico e à falta de investimentos em geração e transmissão (JANNUZZI, 2001).

O Brasil vinha passando por um processo de crescimento econômico que aumentou o consumo de eletricidade, não só na indústria, mas também no comércio, agricultura e principalmente no setor residencial. Surgiram novos empreendimentos em diferentes setores da economia, o que aumentou a demanda, sem que a oferta a acompanhasse. Os investimentos na transmissão, distribuição e conservação de energia não foram suficientes para corresponder ao crescimento da demanda.

Sabe-se que a maior parte da eletricidade consumida no Brasil vem de usinas hidroelétricas (cerca de 90%) – Operador Nacional do Sistema (ONS, 2008). Essas usinas possuem reservatórios de água que lhes permitem continuar gerando eletricidade mesmo quando as chuvas são menos intensas do que a média anual (GOLDEMBERG, 2000). Porém,

com o consumo crescente e a oferta estacionária, esses reservatórios foram progressivamente sendo esvaziados, até que em dezembro de 2000 os da região Sudeste atingiram o nível de 20% de sua capacidade. Com a baixa quantidade de chuva ocorrida em 2001, se o racionamento não tivesse sido imposto, os reservatórios teriam entrado em colapso.

Especialistas citam, ainda, outros fatores que explicariam a crise, tal como a evolução do consumo da água, especialmente na região Sudeste. A população brasileira aumentou aumentaram também as necessidades de irrigação e dos usos industriais da água. Assim, os rios têm que atender outra demanda por água que não só a energética, o que agrava ainda mais a situação dos reservatórios das usinas (JANNUZZI, 2001).

2.9. Comentários finais ao capítulo 2

Este capítulo tratou da cana-de-açúcar na matriz energética brasileira, caracterizou o setor sucroalcooleiro do Brasil e do Estado de São Paulo, demonstrou o ciclo produtivo da cana e o processo de cogeração de energia elétrica através do bagaço. Mostrou, também, a autoprodução, a produção independente e a conjuntura energética brasileira, suas definições, classificações e perspectivas de expansão, introduzindo assim a proposta do terceiro capítulo, Revisão bibliográfica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre o setor sucroalcooleiro, com a perspectiva de vários dos principais autores sobre o tema da biomassa da cana-de-açúcar. São apresentadas, ainda, as tecnologias atualmente utilizadas tendo o bagaço de cana como insumo para a cogeração de energia elétrica e de vapor de processo. São também expostos os métodos tradicionais de avaliação de investimentos dos Períodos de *Payback* Simples e Descontado, como levantados pela literatura sobre a estrutura conceitual de custos, e aplicados à análise de investimentos no setor sucroalcooleiro.

3.1. Tecnologias utilizadas na geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar.

A conversão da biomassa da cana-de-açúcar em energia elétrica acontece através de diferentes processos tecnológicos. A maioria das usinas de cana de São Paulo utiliza processos de baixo rendimento, já que a produção de energia não era a principal preocupação à época de sua implantação. Para que essas usinas possam aumentar sua produtividade na geração de energia é necessário investir na aquisição de equipamentos de maior rendimento e conseqüente modernização do parque gerador. Ainda assim a cogeração é utilizada na maioria das usinas.

Cogeração é a geração simultânea de energia térmica e mecânica a partir de um mesmo combustível (gás natural, resíduos de madeira, casca de arroz, bagaço da cana, palha, ponteiros etc.). A energia mecânica pode ser utilizada como trabalho ou transformada em eletricidade através de geradores; a energia térmica é utilizada como fonte de calor para processos industriais ou no setor de comércio ou de serviços (COELHO, 1999). Souza (2003) afirma que, nas usinas de cana-de-açúcar, o objetivo dos produtores era queimar o máximo de bagaço possível nas caldeiras, mais do que o necessário, para que não houvesse sobra de biomassa no processo de cogeração, procedimento que também incentivou investimentos em equipamentos de pequena eficiência energética.

3.1.1. Principais tecnologias utilizadas

A tecnologia de cogeração consagrada no setor sucroalcooleiro brasileiro é a tradicional, do ciclo *topping* (superior) a vapor, em contrapressão, em que a produção de energia mecânica e/ou elétrica ocorre antes da etapa do processo produtivo que utiliza energia térmica. O sistema possui uso final de energia na forma mecânica e térmica.

Neste sistema, a biomassa é queimada diretamente em caldeiras e a energia térmica resultante é utilizada na produção do vapor. Este é alimentado nas turbinas de acionamento mecânico do processo e nas turbinas para geração de energia elétrica. Ao sair das turbinas, após a realização do trabalho, o vapor é encaminhado para atender às necessidades térmicas do processo produtivo, conforme apresentado na figura 3.1 a seguir.

Uma tonelada de cana-de-açúcar resulta em cerca de 280 kg de bagaço (50% de umidade), cuja queima produz em média 450 kg a 500 kg de vapor (temperatura média de 300 °C⁷ e pressão de 21 bar).

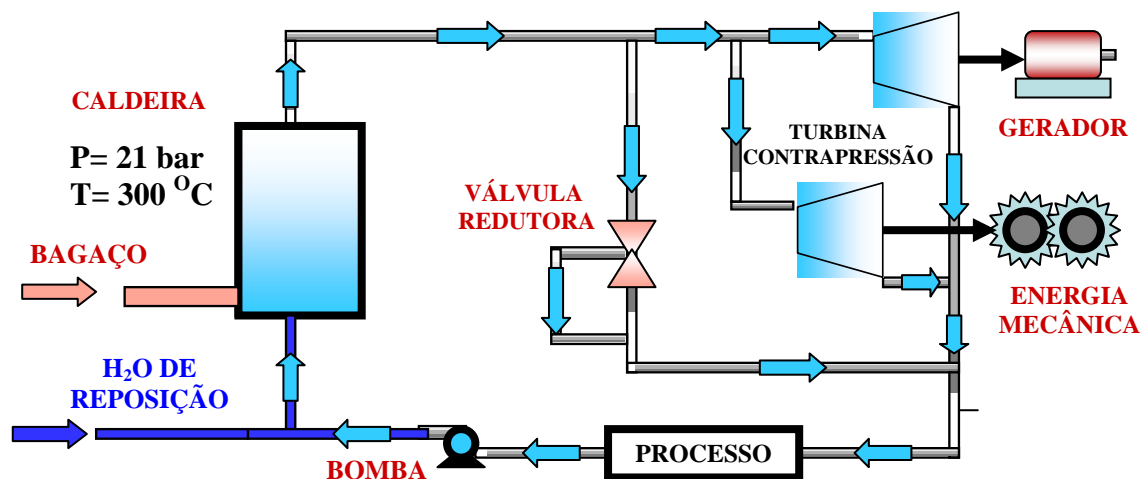


Figura 3.1 Diagrama padrão de um sistema de cogeração utilizado pelas usinas de cana-de-açúcar.
Fonte: (PESSINE, 2008).

Higa (2003) ressalta que o sistema de ciclo a vapor com turbinas de contrapressão, universalmente utilizado em usinas de cana de açúcar, está longe de apresentar a melhor

⁷ COELHO (1999) reporta que desde o início do Proálcool observou-se um pequeno aumento na temperatura do vapor produzido nas caldeiras, atingindo, em 1999 valores na faixa de 300 °C, porém a pressão de trabalho continua a mesma.

performance na geração de potência excedente, havendo outras alternativas, com maiores potenciais.

Segundo Walter⁸ (1994 *apud* LEME; Rodrigo Marcelo, 2007 p.31), em sistemas com turbinas de contrapressão, empregados basicamente visando a auto-suficiência de potência eletromecânica, a geração de energia elétrica segue as variações da demanda de vapor de processo determinada pelo ritmo de operação das usinas e destilarias, o que pode ser considerada uma barreira importante à comercialização de eventuais excedentes de eletricidade pelo setor.

O perfil do setor sucroalcooleiro paulista é bastante variado, com usinas de pequeno, médio e grande portes, com capacidades de processamento de cana bastante distintas. No Brasil, a quase totalidade das usinas em operação utiliza este sistema, operando com equipamentos de baixa eficiência energética e com caldeiras de baixa temperatura e baixa pressão (21 bar, 300 °C) (COELHO, 1999; CSPE, 2004).

Técnicos da Usina de Açúcar e Alcool Equipav, localizada em Promissão, interior do Estado de São Paulo, confirmam que cerca de 80% do setor sucroalcooleiro paulista ainda opera com caldeiras de baixa pressão (21 bar) e os 20% restantes operam sob média e alta pressão, gerando excedentes de energia elétrica.⁹

As usinas que operam com caldeiras de baixa pressão geram excedentes de bagaço, pois, mesmo depois do atendimento da demanda interna de energia, há uma fração excedente que representa algo entre 8 e 15% do total de bagaço produzido (MACEDO; LEAL; SILVA, 2004), fração que é freqüentemente negociada entre as usinas. A Usina Equipav, para citar um exemplo, comprou bagaço de outra na safra passada para alimentar as caldeiras durante a entressafra, conforme informação obtida pelos técnicos.

Além disso, o setor paulista trabalha hoje sob legislação estadual com vistas à eliminar a queima da palha da cana durante a colheita, conforme já foi mencionado, e estabeleceu

⁸ WALTER, Arnaldo César da Silva. **Cogeração e Geração Termoelétrica: Análise de Viabilidade Junto ao Setor Sucro-Alcooleiro**. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

⁹ Visita realizada à Usina de Açúcar e Alcool Equipav em 13 de outubro de 2008. A Equipav estima produzir cerca de 1.890.000 toneladas de bagaço de cana (30% dos 6.300.000 de toneladas cana prevista para safra 2008/2009).

prazos para a sua erradicação: até 2021 não mais haverá queima nas áreas mecanizáveis e em 2031, nas áreas não mecanizáveis.

A CONAB (2008) estima, para a safra 2008/2009, que a área de colheita manual seja de 69% e de colheita mecanizada, 31%. As perspectivas de aumento da disponibilidade de palha e pontas residuais da colheita mecanizada e a constatada geração de excedentes de bagaço sinalizam para maior intensidade na produção de energia elétrica a partir da cogeração.

Nesse contexto, o potencial de geração de excedentes de energia no Estado de São Paulo é enorme, desde que haja substituição dos equipamentos antigos de baixa pressão por equipamentos modernos de média e alta pressão, máquinas mais modernas e que os resíduos da colheita mecanizada, palha e pontas sejam integralmente aproveitados.

Leme (2005) apresenta com objetividade, do ponto de vista tecnológico, quais são as formas de ampliar o potencial de produção de eletricidade excedente nas usinas de açúcar e álcool. Entre elas merecem destaque:

(a) aumentar os níveis de pressão e a temperatura de operação do ciclo a vapor, possibilitando a melhora de sua eficiência e o aumento de sua capacidade de geração, com o uso de turbinas mais potentes;

(b) Aproveitar a palha como combustível, adicionalmente ao bagaço;

(c) Empregar tecnologias mais avançadas, como a BIG-GT (*Biomass Integrated Gasifier-Gas Turbine*), com processo de gaseificação de biomassa integrado a turbinas a gás, previsto para longo prazo.

No que concerne ao cenário deste estudo, as alternativas (a) e (b) são factíveis. A alternativa (c) ainda não se encontra em estágio comercial, mas constitui foco de trabalhos, como em Coelho (1999) e Brighenti (2003).

Os projetos de MDL no setor sucroalcooleiro paulista são baseados na substituição de equipamentos antigos de baixa eficiência por máquinas modernas de maior eficiência, com intuito de gerar excedentes de eletricidade a partir da cogeração de bagaço de cana.

Entre as barreiras a serem vencidas para que todo o potencial da biomassa da cana-de-açúcar possa ser convertido em energia elétrica, Brighenti (2003) destaca as seguintes: a) dificuldade de acesso à rede de distribuição, b) falta de atratividade no preço ofertado para comercialização; c) falta de interesse das concessionárias para contratos de longo prazo; e d) inexistência de financiamentos em condições melhores.

No entanto, a autora lembra que a sazonalidade da produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar representa um atrativo a mais, pois se realiza durante a safra, com a vantagem de coincidir com o período de seca no país, quando os níveis dos reservatórios das usinas hidroelétricas estão baixos. Assim, a geração de energia extra nesse período poupa a água dos reservatórios e possibilita sua utilização para outras finalidades.

Para Souza (2003), a diversificação e a estabilidade das receitas no setor sucroalcooleiro são estratégias fundamentais para auferir receitas não-operacionais por meio da atividade de geração de energia.

Em estudo sobre o potencial energético da cana-de-açúcar, Ripolli (2004) contabiliza o número de pessoas que poderiam ser atendidas por ano pela energia elétrica produzida pelo setor sucroalcooleiro na região Centro-Sul do Brasil. Ao todo seriam 9,85 milhões, a partir do palhiço da cana-de-açúcar como fonte primária (se este não for queimado na lavoura) e 5,55 milhões a partir do bagaço da cana-de-açúcar, o que representa uma significativa quantidade de energia elétrica passível de comercialização.

Ripolli (2004) ainda lembra as mudanças ocorridas no panorama legal envolvendo produção e comercialização de energia elétrica, devido à criação de vários órgãos destinados a regulamentar o setor, como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em 1998, o Mercado Atacadista de Energia (MAE), em 1998 e a Câmara de Gestão da Crise Energética, em 2001.

Segundo Pellegrini (2002, p.1), esses órgãos

“passaram a regular o sistema elétrico dentro de um novo contexto cujo objetivo maior é, a partir de 2003, passar de um mercado de energia elétrica onde predominam os consumidores cativos para um mercado de livre negociação”.

Para Nagaoka (2002), a reforma do setor elétrico brasileiro teve o objetivo de permitir ao governo concentrar-se em suas funções de elaboração de políticas energéticas e de regulamentação do setor, transferindo ao setor privado as responsabilidades sobre a operação do sistema elétrico e de novos investimentos, propiciando a comercialização da eletricidade cogenerada pelo setor sucroalcooleiro. Desta forma, o autor espera uma maior participação da cogeração na matriz energética brasileira.

Souza (2003) analisa as possibilidades do setor sucroalcooleiro diante da expansão do parque gerador de energia elétrica, como nova fonte de negócios, pois a maioria das usinas e destilarias, implantada há mais de 20 anos para atendimento ao Proálcool, têm sua vida útil a caminho do fim. Recomenda, como opção, manter a tecnologia atual e operar em longo prazo com baixa eficiência ou, instalar sistemas mais eficientes e expandir para um novo ramo de negócio: a venda de eletricidade.

Aguiar (2002) estudou a transformação do bagaço da cana em açúcares pelo processo de hidrólise e concluiu ser possível obter até 59,5 % de conversão quando adequadamente tratado.

3.2. Análise econômica e financeira

Segundo Izidoro (2008), a competição dos mercados cresce dia a dia e os investidores estão percebendo que hoje não há mais espaço para “dar um passo no escuro”. Com isso, têm-se utilizado cada vez mais o estudo de viabilidade para projetos de expansão ou criação de novos negócios. Além disso, os projetos, antes restritos às engenharias, passam a tomar força e se inserem no cenário econômico-financeiro das empresas, pois podem ser definidos como conjunto sistemático de informações que permitem avaliar os custos e benefícios de uma alternativa de investimento.

O objetivo principal das empresas é a maximização do lucro e, sendo assim, a análise de viabilidade de projeto passa a ter um papel fundamental na tomada de decisão do investidor, que poderá estimar as vantagens e desvantagens futuras, não tendo, assim, surpresas desagradáveis no decorrer da vida útil do empreendimento. A busca de informações com maior grau de certeza faz com que se utilizem novas ferramentas para analisar as informações disponíveis (GITMAN, 2003).

Para Gitman (2003), a projeção de fluxos de caixa relativos aos anos de implantação e andamento do empreendimento tem sido muito utilizada como ferramenta de análise de projeto. O fluxo de caixa deve conter o maior nível de detalhes possível para ter uma eficácia no processo de tomada de decisão, seja desde a projeção inflacionária até o detalhamento do custo operacional do empreendimento. Os resultados econômicos de um projeto devem ser calculados em uma distribuição no tempo, também conhecida como distribuição dos fluxos de caixa anuais.

Também segundo Gitman (2003), para complementar a análise de dados, deve-se ainda utilizar os métodos que têm como base o desconto, a capitalização e a uniformização de distribuições de fluxos de caixa. Por estes métodos, a comparação monetária é feita em uma mesma data (presente ou futura) ou por meio da distribuição dos fluxos de caixa em um mesmo horizonte de tempo.

A questão da análise e seleção de projetos, ou, numa perspectiva mais ampla, da escolha entre alternativas de investimentos disponíveis para um investidor, é sem dúvida uma das questões cruciais da teoria econômica aplicada. Isso porque o crescimento de uma empresa e até sua capacidade de se manter competitiva e sobreviver depende de um fluxo constante de idéias de novos produtos, de novas maneiras de fazer melhor os produtos existentes e de modos de produzir a um custo mais baixo. Conseqüentemente, uma empresa bem administrada despenderá grandes esforços para desenvolver boas propostas de orçamento de capital. Se uma empresa é capaz e criativa o suficiente para desenvolver novas idéias, passa a ser necessário estabelecer procedimentos para analisar os projetos gerados por essas idéias.

Do ponto de vista da análise econômico-financeira, um projeto de investimento é qualquer atividade produtiva de vida limitada, que implique a mobilização de alguns recursos na forma de bens de produção, em determinado momento, na expectativa de gerar recursos futuros oriundos da produção. Esse tipo de conceituação pressupõe a possibilidade de quantidade monetária dos insumos e produtos associados ao projeto (NORONHA e DUARTE, 1995).

Um dos modelos de análise econômico-financeiras mais importantes e utilizadas para avaliar ações de investimentos em termos financeiros é o Modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DFC), que representa a análise, a valor presente, dos fluxos de caixa futuros líquidos

gerados. Uma característica do modelo de fluxo de caixa descontado é que não se pode comparar quantias financeiras em momentos de tempo diferentes, uma vez que um mesmo montante financeiro tem poder de compra diferente em períodos diferentes. O método consiste então em obter valores equivalentes em um mesmo período.

A base para o modelo DFC é que o dinheiro tem mais valor hoje que no futuro. Isto ocorre não só pela desvalorização do dinheiro no tempo, mas também pelas oportunidades que se tem hoje e que poderão não existir no futuro, ou ainda, pelo custo do capital para a realização do investimento. No DFC as entradas futuras são então “penalizadas” por um fator chamado taxa de desconto, de forma a refletir essas oportunidades, no pressuposto de que o investimento é irreversível. A idéia é avaliar se as entradas futuras serão suficientes para pagar um empréstimo feito hoje de valor igual ao investimento inicial, ou pelo menos igualar os custos de oportunidade do capital.

Neste modelo, várias técnicas podem ser utilizadas, tais como: o Valor Presente Líquido (VPL), que mede a riqueza gerada por um determinado ativo a valores atuais; a Taxa Interna de Retorno (TIR), que representa a rentabilidade do projeto; e o Período de Payback Descontado (PPD), que representa o prazo de recuperação do capital investido, considerando explicitamente o valor do dinheiro no tempo. Outras técnicas também são importantes, pois complementam as ferramentas do modelo DFC, como é o caso da Análise do Ponto de Equilíbrio (PE), que representa o ponto mínimo de operação de um negócio, empresa ou projeto.

Nesse sentido, esta dissertação apresentará, no seu capítulo 5, a análise de viabilidade econômico-financeira das quatro usinas vistas no capítulo anterior, as quais já se utilizam do processo de cogeração de energia através da utilização do bagaço de cana-de-açúcar com excedentes de energia a serem comercializados para a rede.

3.2.1. Análise e Avaliação de Projetos de Investimentos

Souza e Clemente (2004) dizem que empresas são organizações que envolvem recursos humanos, materiais e financeiros, entre outros, e que podem ser analisadas segundo diferentes pontos de vista. Do ponto de vista gerencial, uma empresa pode ser considerada uma organização que dispõe de um conjunto de recursos e busca atingir certos objetivos.

Financeiramente falando, o objetivo é a maximização da riqueza dos proprietários, alcançada pela maximização do valor da empresa. Obtém-se esta maximização através da implantação de projetos e atividades que geram valor para a empresa.

Se o objetivo, em finanças corporativas, é a maximização do valor da empresa, então a relação entre as decisões em termos financeiros, a estratégia empresarial e o valor da empresa tem que estar delineada (Damodaram, 1997). Ou seja, o valor de uma empresa é diretamente relacionado ao impacto, em termos financeiros, de suas decisões estratégicas.

De acordo com Brigham e Houston (1999), há implicações financeiras virtualmente em todas as decisões de negócios e os executivos de áreas não financeiras precisam saber um mínimo de finanças para incluir essas implicações em suas análises especializadas. Em outras palavras, as decisões de negócios não são tomadas em um vácuo, os tomadores de decisão têm em vista objetivos específicos. Certamente um dos mais presentes é a maximização da riqueza dos proprietários do empreendimento, que consiste na maximização do valor deste. Isso nos remete ao objetivo principal da gestão financeira, que é maximizar o valor do empreendimento, o que depende da distribuição no tempo dos fluxos de caixa de seus investimentos. Tem-se aí, então, o impacto do valor do dinheiro no tempo sobre o valor da empresa.

Todas as pessoas – assegura Gitman (2003) – que atuam em áreas de responsabilidade na empresa vão interagir com a área financeira para conseguir realizar seus trabalhos, pois na análise de qualquer projeto se faz necessário uma abordagem de viabilidade econômico-financeira. As empresas sempre se defrontam com oportunidades de obter retorno através do investimento de seus recursos em ativos atraentes.

Ainda segundo Gitman (2003), é importante o entendimento do *timing* dos fluxos de caixa destes, ou seja, o valor do dinheiro no tempo, que é baseado na idéia de que uma unidade monetária hoje vale mais do que outra que será recebida em uma data futura. Isso explica porque se deseja receber o quanto antes e pagar o mais tarde possível uma determinada quantia que não será reajustada ao longo do tempo.

Os gestores devem usar técnicas de valor de dinheiro no tempo para reconhecer explicitamente suas oportunidades de obter resultados positivos quando avaliando séries de

fluxos de caixa esperados associados às alternativas de decisão (Macedo e Siqueira, 2006). Devido ao fato de eles estarem no tempo zero (atual) ao tomar decisões, preferem basear-se em técnicas de valor presente.

Muitos fatores combinam para fazer com que a elaboração do orçamento de capital – ou seja, a estruturação de projetos através da descrição de seu fluxo de caixa ao longo do tempo para posterior análise –, represente, talvez, a função mais importante de uma análise econômico-financeira (Brigham e Houston, 1999). Neste sentido, Gitman (2003) afirma que vários investimentos representam dispêndios consideráveis de recursos que comprometem o investidor com um determinado curso de ação. Conseqüentemente, este necessita de procedimentos para analisar e selecionar apropriadamente seus investimentos. Para tanto se faz necessário mensurar os fluxos de caixa relevantes e aplicar técnicas de decisão apropriadas. O Modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DFC) é um processo que cumpre este papel em consonância com a meta de maximização da riqueza dos proprietários do empreendimento.

Macedo et al., (2007) ressaltam que a decisão de investir é de natureza complexa, porque muitos fatores, inclusive de ordem pessoal, entram em cena. Entretanto, é necessário que se desenvolva um modelo teórico mínimo para prever e explicar essas decisões. Faz-se relevante, então, avaliar os ganhos potenciais futuros de cada alternativa apresentada, que não são certos, levando em consideração o risco inerente a cada alternativa. Apesar disso, há várias áreas na avaliação em que existe espaço para discórdia, entre estas: a estimativa dos fluxos de caixa e do custo de oportunidade. Ou seja, mesmo que os modelos de avaliação sejam quantitativos, a avaliação possui aspectos subjetivos. Isso faz com que, por exemplo, os analistas possam, através da utilização das mesmas técnicas, chegar a conclusões diferentes com relação à avaliação de um ativo.

Com isso, ainda de acordo com Macedo et al. (2007), a aplicação de qualquer técnica não se constitui em uma estimativa precisa de valor, mas apenas um parâmetro para auxiliar no processo de tomada de decisão. Isso faz com que a perfeita compreensão da ferramenta de análise utilizada seja mais importante que o resultado encontrado. É preciso entender as restrições, aplicações e resultados que podem ser encontrados na utilização de certa formulação matemática e não encará-la como uma fórmula “mágica”.

Para Gitman (2003), quando as empresas querem avaliar os fluxos de caixa relevantes ou incrementais de um ativo, analisam esses fluxos para discutir se o ativo é aceitável ou para hierarquizá-los. Para isso, podem-se utilizar várias técnicas, entre as quais se destaca o Valor Presente Líquido (VPL). Esta técnica considera explicitamente o valor do dinheiro no tempo, ou seja, desconta o fluxo de caixa a uma taxa mínima de atratividade específica (custo de oportunidade ajustado ao risco do ativo). O VPL é, então, encontrado ao se subtrair o investimento inicial (FCO) de um ativo do somatório do valor presente de seus fluxos de caixa futuros (FCt), descontados a uma taxa mínima de atratividade (i).

Segundo Macedo (2002), o VPL pode ser visto como um ganho proporcionado pelo ativo, pois representa o quanto os fluxos de caixa futuros estão acima do investimento inicial. Tudo isso a valor presente, segundo um custo de oportunidade ajustado ao risco. Deste jeito, pode-se dizer que um ativo deve ser aceito, numa abordagem aceitar-rejeitar, se o $VPL > 0$, pois o mesmo acrescenta riqueza ao investidor. Ele deve ser rejeitado se o $VPL < 0$, pois este consome riqueza. Já numa abordagem hierárquica, deve ser escolhido o ativo de maior VPL, pois quanto maior for o VPL maior será a riqueza gerada por este.

Isto também é explicado por Brigham e Houston (1999), que dizem que um $VPL = 0$ significa que os fluxos de caixa futuros são exatamente suficientes para recuperar o capital investido e proporcionar a taxa de retorno exigida daquele capital (Taxa Interna de Retorno – TIR). Se um ativo tem $VPL > 0$, então ele está gerando mais caixa do que é necessário para prover o retorno exigido por suas fontes de financiamento, e esse excesso de caixa se reverte na geração de riqueza para o investidor. A lógica do $VPL < 0$ é inversa desta última apresentada.

Outra técnica bastante utilizada é a taxa Interna de Retorno (TIR). A TIR representa segundo Ferreira (2005), a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial de um determinado projeto. Ela é calculada igualando a equação do VPL a zero:

De acordo com Gitman (1997), a TIR é possivelmente a técnica mais usada para a avaliação de alternativas de investimento. O critério de decisão, quando a TIR é usada para aceitar-rejeitar é, segundo o autor, o seguinte: se a TIR for maior que o custo de oportunidade ajustado ao risco, aceita-se o projeto, porém se for menor, o mesmo deve ser rejeitado. Isso

acontece, segundo Brigham e Houston (1999), porque se a TIR é maior que o custo dos fundos utilizados para financiar o projeto, haverá uma sobra que remunera os proprietários. Portanto a aceitação de um projeto cuja TIR é maior que seu custo do capital aumenta a riqueza dos proprietários. Caso contrário, o projeto consome riqueza e por isso não deve ser aceito.

Além da riqueza gerada pelo projeto, outro aspecto importante no momento de sua análise é o tempo que ele demora para recuperar o capital investido. De acordo com Macedo (2005), o Período de Recuperação do Investimento (Payback) irá definir o tempo, ou número de períodos necessários para recuperar o investimento inicial. O tempo máximo difere de investidor para investidor, sendo que períodos menores são sempre os preferidos. Ou seja, de acordo com Gitman (1997), caso o período de Payback seja menor que o período de payback máximo aceitável, -acolhe-se o projeto; se o período de payback for maior que o período de payback máximo aceitável, rejeita-se o projeto.

Segundo Motta e Calôba (2002), de forma geral, quanto mais alongado o prazo de retorno do investimento, ou payback, menos interessante ele se torna para o investidor. O payback pode ser utilizado como referência para julgar a atratividade relativa das opções de investimento, na medida em que representa o período médio de retorno do capital, sendo que quanto maior for este período, mais exposto a incertezas ao longo do tempo estará o projeto e, por conseguinte, menos atraente ele será.

Ainda segundo os mesmos autores, para uma melhor adequação desta técnica se faz necessário considerar o fluxo de caixa gerado pelo projeto a valor presente e então compará-lo com o investimento feito, para assim determinar em quanto tempo o investimento retorna para o investidor. Esta técnica é denominada como Período de Payback Descontado (PPD).

Além de todas estas técnicas já apresentadas (VPL, TIR e Payback), que têm base no Modelo DFC, outras técnicas também são úteis para análise de viabilidade econômico-financeira de projetos de investimentos.

De acordo com Mathias e Woiler (1986), o ponto de equilíbrio contábil (PEC) ou de nivelamento das operações de uma empresa equivale ao nível ou volume de produção/venda em que o resultado é nulo. Ou seja, segundo Horngren et al. (2004), é a quantidade de produtos em que as receitas totais se igualam aos custos totais. Já Atkinson et al. (2000)

complementa ressaltando que este é o ponto do nível de atividade de um empreendimento a partir do qual ele se torna lucrativo. Em síntese, este é o ponto a partir do qual a quantidade produzida/vendida começa a dar lucro, ou ainda, a partir do qual todos os custos incorridos na produção/venda serão cobertos.

O PEC é utilizado para identificar quantas unidades de produto são necessárias para cobrir todos os custos de produção. A partir deste momento, ou seja, do ponto de equilíbrio, todas as unidades produzidas/vendidas são consideradas como excedente do produtor.

No conceito PEC, verifica-se que ocorre na igualdade dos Custos Totais com as Receitas Totais. Portanto o lucro de uma empresa é obtido a partir de vendas ocorridas acima do Ponto de Equilíbrio.

Além do Ponto de Equilíbrio Contábil, outro conceito importante é o de Ponto de Equilíbrio Econômico (PEE). Conforme Bruni e Fama (2002), o conceito de ponto de equilíbrio econômico apresenta a quantidade de vendas (faturamento) que a empresa deveria obter para poder cobrir os custos mais uma remuneração mínima do capital próprio nela investido.

Segundo Macedo et al. (2007), tanto o PEC quanto o PEE podem ser calculados em função do volume monetário mínimo de operação, ou seja, a receita de vendas mínima. No caso do PEC, isso pode ser feito dividindo-se o CF (Custo Fixo) MC (Margem de Contribuição) pela margem de contribuição em percentual (MCu / PVu)¹⁰. Estes ainda podem ser obtidos em função do total de capacidade produtiva, ou seja, como um percentual do total de capacidade disponível pela produção. Neste caso, o volume é tratado não como valor absoluto em termos de quantidade de produtos, mas como um valor relativo em termos de capacidade produtiva.

A análise do Ponto de Equilíbrio (contábil ou econômico) é fundamental nas decisões referente a investimentos, no planejamento do resultado, no lançamento ou corte de produtos/serviços e para a análise das alternativas do preço de venda conforme o comportamento do mercado.

¹⁰ MCu (Margem de Contribuição Unitária) e PVu (Preço de Venda Unitário)

3.2.2. Principais Indicadores de Análise Econômica

A metodologia de avaliação econômica difere de acordo com o perfil do investidor e seus objetivos, mas para todos eles constitui um conjunto de indicadores que permitem a comparação por diferentes critérios. O Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Tempo de Retorno do Investimento (Payback) e o Custo da Energia (COE) estão entre os principais indicadores considerados na análise de projetos (ABREU e STEPHAN, 1982, BUARQUE, 1984).

Um investidor ou analista de política energética pode usar uma variedade de indicadores para avaliar a atratividade financeira de um projeto de geração de energia elétrica. A escolha depende freqüentemente do propósito da análise, porém, a maioria começa com estimativas do custo de capital do projeto, produção de energia elétrica projetada, rendas anuais, despesas e deduções (GEORGE, SCHWEIZER, 1997).

Para calcular os indicadores é preparado um demonstrativo de resultados de cada exercício, que apresenta a receita líquida anual do projeto para a construção do seu fluxo de caixa ao longo de sua vida útil. Este demonstrativo contempla todas as entradas e saídas de capital a cada ano, incluindo-se as receitas diretas e indiretas, os custos de investimento, custos operacionais fixos e variáveis, a depreciação dos equipamentos e as deduções dos impostos (PUCCINI et al., 1992).

Com base no fluxo de caixa do projeto, podem-se desenvolver diversas análises econômicas e financeiras com o objetivo de quantificar sua atratividade para o realizador do investimento. Esta dissertação apresentará os principais indicadores utilizados na avaliação econômica de projetos de geração de energia, que serão calculados utilizando-se dados coletados em quatro usinas de cana-de-açúcar, são eles: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Tempo de Retorno do Investimento (Payback) e, um especialmente importante na análise de projetos de geração de energia, o Custo da Energia (COE).

Valor Presente Líquido é a equivalência monetária no momento atual da soma dos fluxos de caixa futuros, depois de descontado o imposto de renda, de todos os anos de duração do projeto. O método de VPL é um valioso indicador porque reconhece o valor do dinheiro no tempo. Projetos que apresentam VPL positivo são atraentes.

Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de desconto que iguala a zero o VPL dos fluxos de caixa do projeto. A TIR é calculada para determinar se a rentabilidade do projeto excede uma mínima taxa de retorno aceitável, freqüentemente chamada de taxa de atratividade. A vantagem da TIR é que, diferentemente do VPL, seus resultados de porcentagem permitem comparar projetos de tamanhos diferentes com facilidade.

Um cálculo do tempo de retorno do investimento ou *payback* compara as rendas com os custos e determina o período de tempo exigido para recuperar o investimento inicial. Um período de *payback* simples é calculado freqüentemente sem levar em conta o valor do dinheiro no tempo. Este indicador é freqüentemente usado para analisar oportunidades de investimento que oferecem benefícios incrementais e aplicações de uso final.

O cálculo do custo médio da energia (COE – *Cost of Energy*) se faz tomando o fluxo de receita bruta de um projeto de geração de energia elétrica descontado a uma taxa padrão (possivelmente a TIR do projeto) e dividindo-o pela produção de energia anual do projeto para se chegar ao valor em centavos do MWh (GEORGE, SCHWEIZER, 1997).

O COE é freqüentemente usado pelos analistas de política energética e pelos avaliadores de projeto para analisar a taxa de atratividade primária de um projeto. O COE define o fluxo de renda que minimamente satisfaz as exigências para retorno e cobertura dos investimentos e custos.

3.3. Gestão de custos na geração de energia elétrica

3.3.1. Introdução ao Custo

O funcionamento de qualquer empreendimento no mercado exige a aquisição (ou aplicação) de recursos os mais variados, pelos quais se deve pagar em troca de sua utilização produtiva. Os pagamentos por estes recursos – utilizados dentro de condições determinadas e distintamente, conforme o tipo de cada um –, configuram-se como os custos da empresa.

Martins (2003) define custos como sendo o gasto relativo ao bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Exemplos: matéria-prima, energia elétrica, máquinas

etc. Assim, para acionar certo processo de produção, são necessários, por exemplo, o local de sua instalação, edifícios, infra-estrutura (luz, água, telefone, escritório), máquinas e equipamentos, o trabalho humano e os insumos necessários à produção dos produtos. Além desses recursos produtivos, são necessários recursos relacionados à estrutura administrativa (de produção, da administração geral, de vendas, de marketing etc.).

A utilização de máquinas e equipamentos, edificações e instalações geram os chamados custos de depreciação. Este é um tipo especial de item contábil que, ao longo de um determinado período (a vida útil ou econômica da máquina, ou o ciclo do padrão tecnológico, por exemplo) deve servir para acumular um montante de dinheiro que seja suficiente para a reposição ou renovação total ou parcial dos recursos produtivos. Pela aquisição e utilização do material a ser transformado, a empresa gera os custos dos insumos materiais e, através da venda do seu produto, obtém as condições de repor estes materiais, mantendo em funcionamento a atividade produtiva.

A utilização do trabalho humano origina os custos dos salários e dos encargos sociais, cujo pagamento corresponde à necessidade de reposição da força de trabalho no processo produtivo. Os recursos aplicados na montagem e utilização da estrutura administrativa da empresa geram diversos conjuntos de gastos (denominados, genericamente, de cargas estruturais de custos, *overheads* (custos e despesas indiretas fixas), que vão desde as remunerações dos diretores e gerentes até a depreciação de máquinas e equipamentos de escritórios, incluindo gastos gerais com materiais etc.

Pela utilização do trabalho de vendedores são gerados os gastos com comissões; o esforço de vendas gera um conjunto variado de gastos, incluindo treinamento da equipe de vendas, de representantes, realização de convenções etc.; as ações de marketing geram gastos também variados, que abrangem desde a propaganda até a assistência pós-venda. O conceito de custos, então, relaciona-se com a aquisição, utilização e reposição contínua (com maior ou menor frequência) de recursos produtivos por parte de uma empresa. Os custos, portanto, são gastos efetuados pela empresa ao longo de todo o ciclo de suas atividades (compra, transformação, venda e distribuição) e que devem ser recuperados, na medida exata, no momento do recebimento do valor referente às vendas de seus produtos ou serviços.

A recuperação dos custos se faz através da formulação do preço de venda para cada produto ou serviço, preço este que, além de cobrir os custos, deve conter uma margem de lucro cuja determinação, embora tenha como referência os custos, depende em grande parte do tipo de mercado e da particular forma de inserção da empresa neste mercado.

Gestão de custos é uma preocupação crescente nas empresas, impulsionada num contexto de recursos escassos e concorrência cada vez mais acirrada (MARTINS, 2000, p.316). A maior dinâmica dos mercados, nos quais a globalização faz com que vantagens competitivas sejam mantidas cada vez mais por menor período de tempo, obriga as empresas a buscar sempre formas de preservar sua lucratividade e seu desempenho dentro de sua capacidade disponível.

3.3.2. Nomenclaturas aplicadas aos Custos

Para a aplicação correta dos custos nas empresas, devemos conhecer várias nomenclaturas empregadas em sua aplicabilidade, tais como: Custos Direto, Custos Indireto, Desembolso, Perdas e Despesas.

Custos diretos são aqueles que podem ser alocados diretamente a cada produto, ou seja, devem ser identificados especificamente para cada produto; Custos Indiretos são aqueles que não podem ser alocados diretamente a cada produto, ou seja, são passíveis de rateio para que possam integrar a cada produto; Gastos são todos os dispêndios com uma finalidade econômica específica, visando gerar outro produto ou serviços, com finalidade econômica no nível de empreendimento, gerando valor de uso e não valor de mercado (em termos econômicos). Segundo Martins (2003), gasto é a compra de um produto ou serviço qualquer, que gera sacrifício financeiro para a entidade (desembolso), sacrifício esse representado por entrega ou promessa de entrega de ativos (normalmente dinheiro). Wernke (2004) define como sendo as transações financeiras nas quais a empresa utiliza recursos ou assume uma dívida, em troca de obtenção de algum bem ou serviço.

Desembolso representa o pagamento resultante da aquisição do bem ou serviço, podendo ocorrer antes, durante ou após a entrega da utilidade comprada, portanto, defasado ou não em relação ao momento do gasto; Investimentos são gastos ativados em função de sua

vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuro(s) período(s). Todos os sacrifícios havidos pela aquisição de bens e serviços (gastos) que são “estocados” nos Ativos da empresa para baixa ou amortização quando de sua venda, de seu consumo, de seu desaparecimento ou de sua desvalorização são especificamente chamados de investimentos. Para Wernke (2004), investimentos são os gastos que irão beneficiar a empresa em períodos futuros. Enquadram-se nessa categoria, por exemplo, as aquisições de ativos como estoques, máquinas e equipamentos.

Perdas, segundo Martins (2003), são o bem ou serviço consumidos de forma anormal e involuntária. Não se confunde com a despesa (muito menos com o custo), exatamente por sua característica de anormalidade e involuntariedade – não é um sacrifício feito com a intenção de obtenção de receita. Para Wernke (2004), perdas são os fatos ocorridos em situações excepcionais que fogem à normalidade das operações das empresas.

Já as despesas são todo gasto efetuado na fase pós-custo, ou seja, todos os gastos associados que são incorridos após a produção do bem ou serviço e no momento em que se pretende disponibilizar o produto ou serviço para a venda. Martins (2003) define despesa como sendo bem ou serviço consumido direta ou indiretamente para a obtenção de receitas. São itens que reduzem o Patrimônio Líquido e que têm característica de representar sacrifícios no processo de obtenção de receitas. Exemplos: a comissão de vendedor, por exemplo, é um gasto que se torna imediatamente uma despesa. (despesas com vendas). Já Wernke (2004), defende que despesas expressam o valor dos bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para obtenção de receitas, de forma voluntária.

Existem, além de custos variáveis diretos, custos indiretos de fabricação rateados, outros componentes de custo (como as despesas) que oneram o produto, tais como: Despesas de Armazenagem e Estocagem; Despesas Variáveis de Venda, Comissões; Seguros; Fretes e Embalagens adicionais; Taxas de Cobrança e descontos comerciais, dentre outros itens; Impostos diretamente incidentes sobre o faturamento: Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS – 18%, variável por região fiscal), Programa de Integração Social (PIS – 0,65%), Contribuição para Fins Sociais (COFINS – 3,65%); Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI – Alíquota Variável por tipo de classificação fiscal) e Imposto Sobre Serviço (ISS – variável por região).

Existem ainda as denominadas despesas administrativas gerais, geralmente despesas funcionais fixas de estrutura relativa aos departamentos administrativos (Recursos Humanos, Marketing, finanças, Centro Corporativo, Desenvolvimento de Produto, Apoio etc.) que são atribuídas aos produtos em função de quotas de fração ideal. Por exemplo, se a despesa fixa do departamento de marketing é de R\$ 500.000,00 por mês, então se divide o total das despesas pela previsão de vendas do mês e aí se tem a estimativa das despesas fixas de venda. As despesas financeiras diretamente associadas ao descasamento de prazos decorrentes do ciclo operacional e do ciclo de caixa da empresa poderão ser imputadas ao preço do produto, pois representam o custo do capital de giro; e as despesas decorrentes de financiamentos próprios também comporão o índice multiplicador ou divisor que, aplicado ao custo do produto ou serviço, fornece o preço de venda (*mark-up*) do produto ou serviço.

3.3.3. Componentes de Formação de Custo de Produtos e Serviços

Os itens de custo de um produto ou serviço são compostos pelos Custos Variáveis Diretos, pois variam em relação ao volume de produção e também por serem totalmente identificáveis com relação à sua aplicação no produto ou serviço; e pelos Custos Indiretos, que não são de fácil identificação e necessitam de rateio para serem agregados ao produto ou serviço; normalmente os custos indiretos também são custos fixos.

3.3.3.1. Custos Diretos

Como custos diretos podem-se associar: os Custos de Recursos Humanos, que são os gastos com mão-de-obra para desempenhar as atividades diretamente ligadas à produção do bem ou serviço e seus encargos; os custos de materiais, que são os gastos com bens e serviços aplicados diretamente na fabricação de outro bem ou serviço.

3.3.3.2. Custos Indiretos

Como custos indiretos podem-se associar: Custos e despesas indiretos fixos; Custos fixos de estrutura e funcionamento da fábrica que se repetem mensalmente; a depreciação das máquinas e equipamentos; os salários dos Supervisores, Gerentes, Chefes, Encarregados, Pessoal dos Departamentos de Apoio; Encargos e Benefícios, Aluguéis, Luz, Telefone, Água,

Prêmios de Seguro; Custos de manutenção corretiva e preventiva e dos serviços terceirizados de manutenção, conservação, limpeza, vigilância etc.

È importante lembrar que todos os gastos efetivamente incorridos até o momento da disponibilidade para a venda são custos e, a partir do momento que os produtos estiverem armazenados e prontos para serem vendidos, todos os gastos, a partir daí, serão classificados como despesas. Esta distinção não é meramente conceitual, e sim importante elemento definidor que, se não for devidamente observado, produzirá distorções na apuração do resultado da empresa, causando erro na composição do preço final de venda do produto ou serviço.

3.3.4. Metodologia de Estimativa de Custeio de Produtos e Serviços

Após o conhecimento dos itens de custo resta-nos compreender a estrutura de cálculo das metodologias de custeio (significa Apropriação de Custos) mais utilizadas, a de Custeio por Absorção, Custeio Direto ou marginal e a de Custeio Baseado em Atividade.

3.3.4.1. Custeio por Absorção

Segundo Martins (2003), o custeio por absorção é o método derivado da aplicação dos princípios de contabilidade geralmente aceitos, nascido da situação histórica mencionada, sendo a mais utilizada pelas empresas por ser o único aceito pelas autoridades fiscais. Consiste da apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados, e só os de produção; todos os gastos relativos ao esforço de produção são distribuídos para todos os produtos ou serviços feitos.

As principais vantagens do custeio por absorção, segundo Wernke (2004), são: atende à legislação fiscal e deve ser usado quando a empresa busca o uso do sistema de custos integrado à contabilidade; permite a apuração do custo por centro de custos, visto que sua aplicação exige da empresa o controle no sentido de observar todos os custos de produção, possibilitando a apuração do custo total de cada produto ou serviço.

Segundo Martins (2003), existe também uma condição particular do Custeio por Absorção que é o processo de departamentalização, o qual pode ser bastante útil para a

eliminação das arbitrariedades das chaves de rateio (são geralmente os volumes de mão-de-obra consumida proporcionalmente por cada produto). “A departamentalização constitui-se numa grande solução para a eliminação dos critérios arbitrários das chaves de rateio”.

3.3.4.2. Custeio Direto ou Marginal

O custeio Marginal surgiu na década de 1930 com o objetivo de tornar mais flexível o processo decisório associado a preços, custos e decisões de fabricação. O método do custeio marginal elimina as arbitrariedades das chaves de rateio, transformando os custos indiretos de fabricação em Despesas Fixas de Fabricação, alocando os Custos indiretos de Fabricação (CIF) não individualmente aos produtos-objeto de custeio, mas diretamente à Demonstração de Resultados da empresa.

3.3.4.3. Custeio Baseado em Atividade

O Sistema de Custeio Baseado em Atividade – ABC (Activity Based Costing) é um método de análise de custos cujo objetivo está associado ao gerenciamento por projetos e ou por processos. Basicamente suas principais funções estão associadas à mensuração dos custos fixos das atividades, à identificação das atividades que mais agregam valor e à eliminação daquelas que não agregam valor.

Nakagawa (1995) considera que o custeio ABC é um método de análise de custos que busca “rastrear” os gastos de uma empresa para analisar e monitorar as diversas rotas de consumo dos recursos diretamente identificáveis com suas atividades mais relevantes e destas para os produtos e serviços.

Segundo Kaplan e Cooper (1998), para sabermos o que é ABC é necessário responder a quatro questões básicas: (1) Que atividades estão sendo executadas pelos recursos organizacionais?; (2) Quanto custa executar estas atividades organizacionais nos processos de negócios?; (3) Por que a empresa precisa executar estas atividades e processos de negócios?; e (4) Quanto de cada atividade é necessário para os produtos, serviços e clientes do meu negócio?.

No Custeio por Absorção os CIFs são apropriados aos produtos por meio das chaves de rateio, o que contém arbitrariedade. No Custeio Direto os CIFs são considerados como

Despesas Fixas de Produção e alocados diretamente aos resultados globais da empresa. No ABC, os CIFs são rastreados e alocados às atividades, e estas últimas, aos clientes e produtos.

3.4. Comentários finais ao capítulo 3

Neste capítulo foram feitas a revisão bibliográfica sobre as tecnologias utilizadas na geração de energia a partir da biomassa da cana-de-açúcar, a análise da viabilidade econômico-financeira de projetos de cogeração e o exame dos principais componentes de custos na implantação desse sistema de cogeração. Esses subsídios teóricos tiveram como objetivo contribuir para os estudos de caso a serem desenvolvidos no capítulo a seguir.

4. LEVANTAMENTO DE DADOS: ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo são realizadas as análises dos dados coletados na pesquisa de campo com os responsáveis pela gestão das usinas de cana-de-açúcar selecionadas para os nossos estudos de caso. Nele são identificados e examinados os custos da geração de energia com o bagaço de cana na região sucroalcooleira do estado de São Paulo, bem como a viabilidade econômico-financeira do processo.

4.1. Potencial da expansão da cogeração de excedentes pelo setor sucroalcooleiro

As entrevistas foram realizadas com profissionais, pesquisadores e empreendedores ligados às principais instituições do setor sucroalcooleiro, como discriminado na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – As instituições e seus respectivos membros

Instituições/Empresa	Entrevistado
Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)	André Elia Neto José Suleiman Hassuani
Associação Paulista de Cogeração de Energia (COGEN)	Carlos Roberto Silvestrin
União Agroindústria Canavieira (UNICA)	Onório Kitayama
Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)	Paulo Sérgio Javorski

Fonte: Elaboração própria.

O tema que norteou as entrevistas foram as perspectivas de expansão da geração de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. As perguntas se fixaram em algumas questões específicas, como: os prazos previstos para a expansão; a disponibilidade de energia elétrica para venda; e as novas tecnologias empregadas para a geração de energia através da utilização do bagaço de cana-de-açúcar.

Silvestrin, da Associação Paulista de Cogeração (COGEN), afirma que a expansão da cogeração foi intensificada em 2008 e estará consolidada entre os anos de 2010 e 2015. Acredita que uma expansão maior poderá ocorrer com a introdução de novas tecnologias (gaseificação de biomassa, maior utilização de palha etc.). Aproximadamente 11.000 MW poderão ser disponibilizados pelo setor até 2015, em negócios impulsionados principalmente

pelos leilões de energia que deverão ser promovidos pelo governo nos próximos anos.

Silvestrin afirma, ainda, que a expansão em São Paulo tem se concentrado na região oeste do estado, onde cerca de 40 novas usinas entrarão em operação até 2010. Nas regiões tradicionais, nordestes e noroeste, que já dispõem de um parque canavieiro, se observarão a tendência de troca de equipamentos e o conseqüente aumento da eficiência dos processos produtivos e agrícolas (produção de maior volume tonelada por hectare), além da intensificação de mecanização da colheita, o que possibilitará maior aproveitamento da palha na geração energética. Por fim, ressalta que os preços da energia poderão estimular e viabilizar o uso da palha como combustível adicional.

Segundo Javorki, da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), empresa pioneira em contratar eletricidade do setor sucroalcooleiro, o setor elétrico apresentará um déficit entre a demanda e a oferta de energia no estado de São Paulo já em 2010, com tendências de déficits crescentes nos anos seguintes. Diante dessa perspectiva, sugere que um maior incentivo deverá ser dado a outras fontes, como a cogeração a partir do bagaço. Para Javorki, deve-se considerar também que a oferta futura para cobrir esse déficit terá origem em fontes hidráulicas, já mapeadas, principalmente na região Amazônica, fator que quebrará o paradigma de menor custo de produção deste tipo de energia, já que o custo de transporte para as regiões consumidoras será elevado. Com isto, as fontes alternativas passarão a ser mais competitivas.

Ademais, a geração de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro apresenta, desde 2008, algumas vantagens, entre as quais se destacam: (a) envolve empreendimentos de pequeno porte; (b) situa-se nas proximidades dos centros de consumo; e (c) utiliza tecnologia produzida no Brasil. A respeito dessa última vantagem, ressalte-se que ela representa mais do que apenas um incentivo à indústria nacional: além dos benefícios econômicos, já que o investimento em tecnologia nacional é menor, há os benefícios sociais da criação de empregos.

4.2. Motivações para investimentos na expansão da cogeração por bagaço

Os entrevistados Silvestrin, Kitayama, Elia e Hassuani explicitaram suas opiniões sobre os fatores que motivaram os empresários a realizar investimentos no aproveitamento de excedentes voltados à cogeração de energia elétrica.

Para Silvestrin (2008), o fator motivacional é a segurança na regulamentação da energia cogerada para o investidor, ou seja, o investidor poder investir no projeto com a segurança legal para venda de energia tanto no mercado regulado como no mercado livre; além disso há o reconhecimento do valor agregado dessa energia, a bioeletricidade, gerada a partir do bagaço da cana-de-açúcar, por ser ofertada no período seco, em que ocorre maior escassez da oferta de energia de origem hídrica. Nos leilões de compra e venda de energia, esse valor fica explicado em uma fórmula denominada custo econômico de curto prazo. Em cada leilão esse valor tem variado, o que vem desestimulando alguns investidores devido à incerteza dos benefícios da venda da bioeletricidade.

Ainda segundo Silvestrin (2008) existem fatores indutores e limitadores de novos investimentos. Os fatores limitadores são:

- disponibilidade do sistema elétrico para conexão da oferta da energia no sistema. As novas usinas estão sendo construídas em áreas abertas nas quais as linhas de transmissão constituem-se “mais como de iluminação rural, do que com capacidade de transporte de energia”. Com o aumento significativo da pressão das caldeiras, o tamanho dos projetos aumenta, exigindo um sistema de transmissão de 138.000v, sistema este não disponível em muitas localidades, como na região Centro-Oeste, por exemplo;
- infra-estrutura precária para o escoamento da produção de etanol e açúcar, fator que pode inibir investimentos em novas unidades com potencial de geração de energia excedente.

Em contrapartida, os fatores indutores são:

- as perspectivas de um preço que possa remunerar adequadamente a energia elétrica gerada. Essa remuneração poderia ser equiparada àquela verificada na comercialização do açúcar e do etanol;
- a possibilidade de comercialização dos créditos de carbono gerados a partir da utilização do bagaço da cana;
- o uso de tecnologias mais eficientes (já disponíveis). As usinas vivenciam o início do ciclo de caldeiras de 60 bar mais eficientes e até de novas caldeiras de

93 bar, o que certamente aumentaria a produtividade e a capacidade geradora do setor.

De acordo com Kitayama (UNICA), “novas iniciativas precisam de incentivo. No caso da geração por bagaço, o governo atribui a devida importância a esse segmento”. Assim, Kitayama destaca a necessidade das seguintes iniciativas:

- desenvolvimento de políticas públicas pelas quais o governo deve viabilizar também a bioeletricidade, e não somente o álcool;
- fomento à maior familiarização do empresário com as oportunidades da bioeletricidade. O empresário desconhece que essa energia tem menor custo que a hidroelétrica. O governo deve atribuir maior remuneração aos investimentos feitos pelo empresário do setor sucroalcooleiro;
- definição de políticas públicas voltadas à disponibilização da energia gerada pelas usinas, na rede de distribuição, de modo que os custos desta conexão sejam rateados entre o empresário, governo e as distribuidoras. Na opinião de Kitayama, é incoerente o usineiro construir a linha com recursos próprios e depois ceder à concessionária, por não ser atividade da usina transmitir e manter a linha de transmissão.

Kitayama ainda aponta que o setor está crescendo para além das fronteiras do Estado de São Paulo e nessas regiões o sistema de transmissão de energia é muito ineficiente para conectar-se ao Operador Nacional do Sistema. Kitayama acredita que é importante que o governo defina políticas para tratar da disponibilização de bioeletricidade na rede.

Já Hassuani, do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), destaca dois fatores que têm sido preponderantes para motivar novos investimentos: (a) a expansão do setor e (b) os preços atrativos da energia elétrica para novos projetos.

Já Elia, também do CTC, acredita que o único fator motivador é a remuneração atrativa da energia elétrica.

Para Javorski (CPFL), a existência de marcos regulatórios por si só motivam a expansão.

“Hoje um empreendedor do setor sucroalcooleiro já tem “benefícios” regulatórios para adentrar no mercado de energia, como o PROINFA e os leilões, que são janelas que se abriram ao setor para dar vazão à energia excedente. De outra forma, a iniciativa privada está buscando abrir o mercado livre para esses empreendedores. Ou seja, o empreendedor tem a opção de vender energia elétrica tanto no mercado regulado quanto no mercado livre.”

Outra consideração a ser feita está relacionada aos custos de uso da rede pelo empreendedor. Em relação a esse custo já existe um benefício concedido ao setor canavieiro. Para uma potência gerada de até 30 MW, o empreendedor pode usufruir um benefício de desconto de 50% do custo de uso da rede.

Entretanto, Javorski acredita que esse benefício poderia ser estendido aos demais empreendimentos do setor e afirma que é preciso reavaliar essa restrição, disponibilizando o desconto para empreendimentos com capacidade acima de 30 MW. Também afirma que esse limite foi baseado na eletricidade oriunda de usinas hidroelétricas que até 30 MW (Micro e Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCHs) não eram operadas pelo sistema. No caso de cogeração por biomassa (bagaço) esse limite está equivocado, pois as usinas que disponibilizam potência superior a 30 MW não são operadas pelo sistema e não deveriam ter uma imposição de limites. Tais limites precisam ser trabalhados por via regulatória para que os geradores de biomassa recebam um tratamento a partir de sua diferença em relação à hidroeletricidade.

Embora Silvestrin acredite que a expansão da cogeração estará consolidada em 2015, Jovorki disse que o setor elétrico apresentará um déficit em 2010, e na opinião de Kitayama, novas iniciativas precisam de incentivo para a geração por bagaço de cana, já Elia acredita que o único fator motivador é a remuneração atrativa para o setor. Assim, o estudo mostra que o ponto de vista de um entrevistado não invalida o do outro e sim contribui para consolidar ainda mais o setor.

4.3. Estudo de casos comparativos

Para estes estudos de caso comparativos foram levantados dados de quatro usinas, relacionadas na tabela 4.2., e entrevistados seus representantes.

Tabela 4.2 – Relação das usinas e entrevistados

Usinas	Entrevistados
Usina Cerradinho Açúcar e Álcool S.A.	José Fernandes Rio
Usina Santa Isabel S.A	Alcides Luis Graciano
Usina Santa Cândida Açúcar e Álcool Ltda.	Marco Antonio Lera Geraldo Borin
Usina Catanduva – Grupo Virgolino de Oliveira - GVO	Gaspar Antonio da Silva

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Três das quatro usinas dispõem de excedente de energia elétrica para comercialização e uma para consumo próprio. São praticamente da mesma ordem de grandeza, considerando a capacidade de processamento de cana-de-açúcar. Algumas de suas características são descritas na tabela 4.3..

Tabela 4.3 – Características das usinas pesquisadas

Característica do processo	Santa Isabel	Cerradinho	Catanduva	Santa Cândida
Processamento de Cana-de-açúcar	2,5 milhões Safrá 2008	2,4 milhões safrá 2008	4 milhões safrá 2008	3 milhões Safrá 2008
Safrá	Maio Novembro	Abril Novembro	Março Novembro	Março Novembro
Geração de eletricidade	40 MW	75 MW	12 MW	29 MW
Auto-consumo	18 MW	25 MW	10 MW	8 MW
Exportação	22 MW	50 MW	2 MW	21 MW
Agente comprador	Eletrobras (PROINFA)	Eletropaulo Eletrobras Duratex	Não vende	CPFL

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo (2008)

As unidades foram selecionadas conforme critérios pré-estabelecidos: realizar o processo de cogeração de energia, ser auto-suficiente em energia, vender o excedente para a rede, estar na mesma região e apresentar características de processo semelhantes, o que permite avaliar com melhor clareza as opções de investimentos e as tendências dos custos de implantação e operação.

No roteiro de entrevistas são abordadas questões sobre o processo produtivo das usinas, visão do empresário em relação às perspectivas futuras para o setor sucroalcooleiro e questões que visam identificar a viabilidade e as tendências dos custos para esse empreendimento.

4.3.1. Primeiro estudo de caso: Usina Cerradinho

Fundada em 1964, a Usina Cerradinho Açúcar Álcool S/A está localizada no município de Catanduva, noroeste do Estado de São Paulo. A pequena fábrica cujo nome inicial era apenas Usina Cerradinho começou a sua trajetória de crescimento, implantou uma destilaria de álcool hidratado carburante e em pouco tempo dobrou sua capacidade de moagem de cana. Com o advento do Proálcool e a oferta de novos produtos, a produção crescia de forma permanente e racional.

Ciente de sua responsabilidade socioambiental e com uma gestão econômica de sustentabilidade, a Usina Cerradinho desenvolveu um projeto de cogeração de energia a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Desde o final da década de 1970, a Cerradinho se tornou auto-suficiente na produção de energia para consumo próprio.

Em, 1995, inicia suas exportações, que se tornaram importante fonte de renda para uma empresa genuinamente nacional, além de trazer divisas para o país.

Os investimentos em tecnologia, a busca pelos ganhos em escala, a redução de custos, a qualidade assegurada e percebida, fazem com que sua expansão seja constante. Em 2002, inaugurou sua primeira unidade de cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço de cana, com capacidade instalada de 25 MW, sendo a pioneira junto ao BNDES no primeiro projeto aprovado e financiado pelo banco. No mesmo ano, iniciou a produção de levedura seca, subproduto da produção do etanol, utilizada como ração animal.

Já possui créditos de carbono comercializados, emitidos pela ONU, conforme o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Protocolo de Kyoto. A Usina Cerradinho – unidade Catanduva – é a maior produtora de energia elétrica da região a partir de fonte renovável.

Em 2003, inaugurou a refinaria de açúcar, o que possibilitou ao Grupo Cerradinho atuar no varejo, a partir de 2004, com o lançamento do Açúcar Refinado Especial Cometa.

O grupo inaugurou sua segunda planta com 75 MW de capacidade instalada em 2006 – a Usina Cerradinho Unidade Potirendaba, na cidade do mesmo nome, em São Paulo. A Unidade Potirendaba está instalada em uma área de 32 alqueires, com 65.000 m² de área construída. A moenda de última geração permite a moagem de 15.000 toneladas de cana por dia. Em 2007 o Grupo Cerradinho iniciou a construção de sua terceira unidade, a Usina Porto das Águas, na cidade de Chapadão do Céu, Goiás.

No ano de 2008, processou cerca de 7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produziu 320 milhões de litros de álcool e 9,5 milhões de toneladas de açúcar, operando somente na safra de abril a novembro. No seu processo produtivo, o bagaço de cana torna-se novamente matéria-prima para a geração de energia.

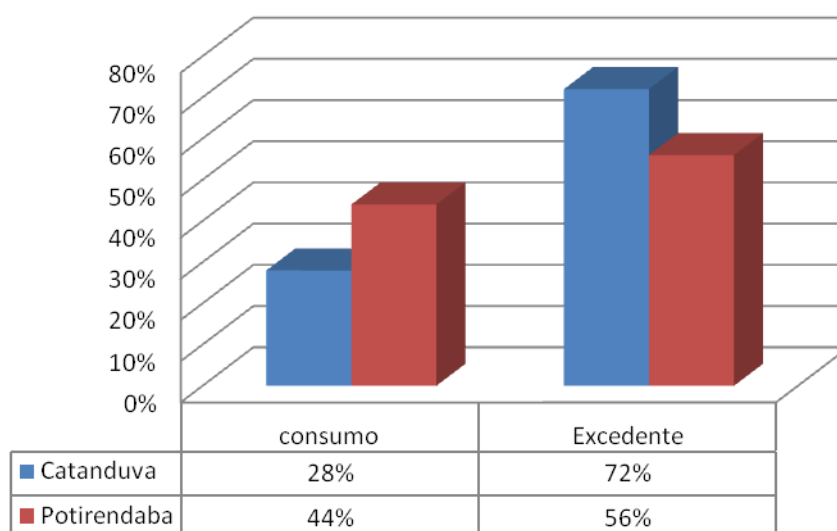
O processo de cogeração de excedente foi implantado em 2001 e até 2005 a Usina Cerradinho gerou 41 MW/safra, sendo 16 para consumo próprio e 25 MW para exportação. A partir de 2006 a usina passou a gerar 50 MW, sendo 14 MW para auto-consumo e 36 MW para comercialização, e em 2008 gerou aproximadamente 378.000 MWh, sendo, 122.000 MWh para auto-consumo e 255.000 MWh para exportação. Os agentes compradores são: Eletropaulo e Eletrobras (PROINFA) para a unidade Catanduva e a Empresa Duratex para a unidade Potirendaba. São utilizados como combustível na caldeira o bagaço e uma proporção de 3% a 5% de cavaco de madeira. A tabela 4.4 mostra a capacidade instalada da Usina Cerradinho em MW.

Tabela 4.4 - Capacidade Instalada de Geração da Usina Cerradinho em MW

Unidade	MW Gerado	MW Consumido	MW Excedente
Catanduva	50	14	36
Potirendaba	25	11	14
Total	75	25	50

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo

A distribuição dos MW de potência gerada em suas duas unidades (Catanduva e Potirendaba) pode ser verificada no gráfico 4.1.

**Gráfico 4.1 - Distribuição dos MW gerado da Usina Cerradinho**

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhido no trabalho de campo.

Como comparativo para fins de análise, a tabela 4.4 demonstra sua capacidade de geração de energia elétrica por unidades em MWh. Os valores encontrados foram convertidos da potência gerada em MW, usando como base o período de safra de 7 meses multiplicado pelos 30 dias do mês e pelas 24 horas do dia, o que equivale a 5.040 horas de fornecimento de energia.

Tabela 4.5 - Capacidade de Geração de Energia da Usina Cerradinho em MWh

Unidade	MWh Gerado	MWh Consumido	MWh Excedente	Valor da Venda em R\$/MWh
Catanduva	252.000	70.560	181.440	147,00
Potirendaba	126.000	55.440	70.560	165,00
Total	378.000	126.000	252.000	

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo

José Fernandes Rio,¹¹ gerente administrativo/financeiro da Usina Cerradinho, ressalta que não há previsão para novos investimentos na melhoria do processo de cogeração para a disponibilização de maior excedente de eletricidade. O grupo focou na expansão das duas novas unidades, a do município de Potirendaba e a outra em Chapadão do Céu, cujo início de geração de energia elétrica está previsto para 2010.

A geração de excedente de eletricidade possibilitou à usina desenvolver um projeto MDL, de cogeração por bagaço, com período de contrato de 2002 a 2009. Segundo Rio, a maior motivação para esses investimentos foi a busca de oportunidade de rentabilidade para a cogeração usando a oportunidade do MDL, além de agregar e vincular valores à imagem da empresa, certificada pela *Suddeustchland Bau und Betrieb GmbH* (TUV) para validação de seu projeto de crédito de carbono. Foram utilizados como fonte de financiamento das etapas do projeto recursos do BNDES, Rabobank e Banco Santander. De 2002 a 2006 a empresa negociou 63.221 toneladas de CO₂.

Em janeiro de 2007, a Cerradinho foi uma das primeiras no setor sucroalcooleiro do Brasil a receber o recurso financeiro proveniente da venda dos créditos de carbono. Em 2008, as negociações foram finalizadas no último mês de março com a geração total de energia firmada em 129.454 MWh, que corresponde à redução equivalente a 35.221 toneladas de CO₂, ou seja, a usina emitiu 35.221 créditos de carbono (CER). O valor da venda desses créditos não foi informado pelo entrevistado, o que mostra o interesse da empresa em renovar o contrato de venda.

Em janeiro de 2009 cada tonelada de crédito de carbono era vendida a 25 euros.

¹¹ José Fernandes Rio – Gerente Administrativo e Financeiro da Usina Cerradinho. Entrevista realizada na cidade de Catanduva, em 07 de janeiro de 2009.

Além do projeto MDL a empresa desenvolve o projeto Reflorest, para recuperar Áreas de Preservação Permanente (APP) nas suas propriedades, bem como nas de parceiros e arrendatários. A previsão é de se plantar 700.000 mudas nativas. Cabe ressaltar que a recuperação de APPs está amparada pela resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, 2006).

No roteiro da entrevista foram levantadas opiniões do entrevistado sobre as perspectivas do setor sucroalcooleiro paulista. Desta forma, sobre a expansão da produção da cana em São Paulo, o entrevistado afirma que a cana traz excelente valor agregado à terra e ao produtor rural, e acredita ser importante, no momento, a criação de um plano diretor para monitorar e controlar o crescimento do setor, já que o estado dispõe naturalmente de um ambiente propício à produção canavieira (citando, aqui, clima, solo e logística para escoamento de produção).

De acordo com o entrevistado, o estado já está atingindo um ponto de saturação nesse setor o, que motivou investimentos do grupo Cerradinho na região Centro-Oeste do país. Uma nova usina do grupo foi implantada em Chapadão do Céu, Goiás, como já mencionado. As expectativas quanto a produtos e subprodutos do processamento da cana (mercado de etanol, eletricidade, açúcar) são boas, principalmente em relação ao etanol, pois existe a demanda para reduzir a dependência de petróleo de outros países e a emissão de Gases de Efeito Estufa dentro de um custo adequado que suporte essa mudança. O etanol hoje se apresenta como o mais viável dos combustíveis líquidos, de forma geral, para a redução de GEE.

Quanto à geração de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro paulista, o entrevistado afirma que as expectativas são excelentes e que o setor tem capacidade para gerar 3000 MW sem dificuldades. O uso da palha como combustível poderá ser viabilizado, já que existem estudos sobre a utilização desse material. Em breve, surgirão alternativas, como a limpeza da cana na própria usina, além de enfardamento e utilização da palha.

Considerando as perspectivas quanto aos projetos MDL de cogeração por bagaço da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, acredita na expansão do número de projetos.

A tabela 4.6 demonstra a estrutura da usina Cerradinho para o processo de cogeração de energia elétrica através de bagaço.

Tabela 4.6 – Descrição da Usina Cerradinho

Qde	Descrição
2	Caldeiras de 65 bar com 480°C
1	Caldeira de 45 bar com 400°
2	Geradores de 17.500, 25.000 KVA
2	Transformador de 30 MVA
2	Sistema de transporte de bagaço
2	Tratamento da Água

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Para a implantação do sistema de cogeração, a usina Cerradinho investiu aproximadamente R\$ 56.000.000,00 (cinquenta e seis milhões de reais) para instalação da unidade de Catanduva e R\$ 47.000.000,00 (quarenta e sete milhões de reais) para implantação da unidade de Potirendaba, totalizando em R\$ 103.000.000,00 (cento e três milhões de reais) para a geração de 75 MW de potência instalada, o que equivale a 378.000 MWh de energia gerada. Dessa forma o investimento para implantação das unidades geradoras de energia elétrica é equivalente a R\$ 1.373.300,00 (um milhão, trezentos e setenta e três mil e trezentos reais) por MWh gerado.

Para o desenvolvimento das atividades de geração por meio da utilização do bagaço a usina Cerradinho apurou como custo de operação e manutenção o valor de R\$ 25,00 (vinte e cinco reais) por MWh de energia gerada, para a unidade de Catanduva e de R\$ 20,00 (vinte reais) por MWh de energia gerada para a unidade de Potirendaba.

A venda do excedente é feita através de contratos, O excedente gerado pela unidade Catanduva é comercializado com a empresa Eletropaulo e Eletrobras pelo período de vinte anos ao preço de R\$ 147,00 (cento e quarenta e sete reais) por MWh; e o excedente gerado pela unidade Potirendaba é vendido para a empresa Duratex pelo período de 10 anos no valor é de R\$ 165,00 (cento e sessenta e cinco reais) por MWh.

4.3.2. Segundo estudo de caso: Usina Santa Isabel¹²

As origens da Usina Santa Isabel remontam ao trabalho de agricultores, pequenos proprietários rurais no município de Novo Horizonte, a família Graciano, no início dos anos 1930, a partir para o ramo de secos e molhados, instalando um pequeno armazém na cidade. Ao mesmo tempo, não cortando o vínculo com a terra, procurou sempre reinvestir em propriedades de café, laranja e gado. Em 1977, o pequeno grupo decidiu entrar para o setor sucroalcooleiro, com a implantação da Destilaria Santa Isabel Ltda, em Novo Horizonte, voltada inicialmente à produção de aguardente de cana-de-açúcar. Em 1983, com a instalação de uma nova planta, iniciou-se a produção de álcool hidratado carburante. Em 1998, foi instalada a fábrica de açúcar, iniciou-se a produção de açúcar. A produção de álcool anidro teve início em 2000, resultante do aumento da sua demanda para adição à gasolina. Já em 2006 a Santa Isabel inaugura sua segunda unidade industrial no município de Mendonça (SP).

O grupo dispõe assim de duas unidades sucroalcooleiras. A unidade de Mendonça, foco da entrevista para este trabalho, já que dispõe de cogeração com excedente de eletricidade. O senhor Alcides Luiz Graciano, diretor da Usina, foi o entrevistado.

A unidade de Novo Horizonte, desde sua fundação em 1978, possui capacidade de moagem de 9.000 t/dia, produzindo 18.000 sacas de açúcar/dia e 200.000 litros de álcool anidro e hidratado. Sua produção de açúcar destina-se ao mercado interno e externo. No mercado interno, atende a demanda tanto de indústrias alimentícias quanto do varejo, através da marca Açúcar Santa Isabel, em embalagens de 5 kg e 2 kg. A produção de álcool anidro e hidratado destina-se preferencialmente à demanda interna, suprimindo a necessidade das indústrias e das distribuidoras de combustíveis.

A partir de 2007, a unidade de Novo Horizonte inicia a implantação de sistema de cogeração de energia elétrica, com potência de 40 MW, com o objetivo de venda de excedente de 25 MW ao sistema interligado Sul/Sudeste para o ano de 2009. A evolução da moagem de cana-de-açúcar da unidade Novo Horizonte pode ser visto no gráfico 4.2.

¹² Graciano, Alcides Luiz Diretor. Usina Santa Isabel. Entrevista realizada na cidade de Mendonça-SP, em 18/12/08.

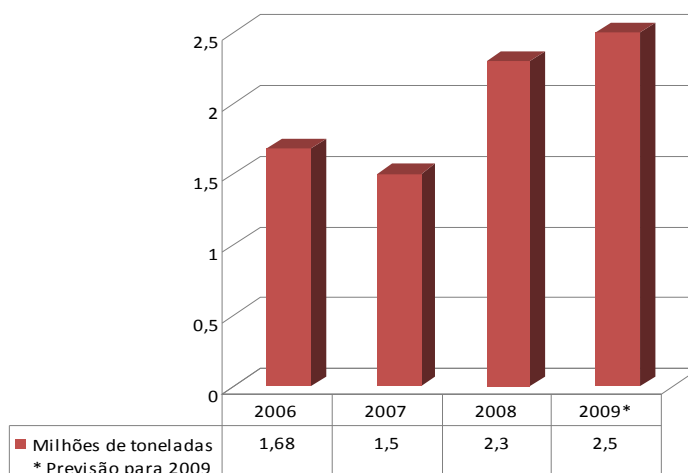


Gráfico 4.2 - Evolução de Moagem Unidade Novo Horizonte

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

O ano de 2006 marca a entrada em operação da unidade IIno município de Mendonça, a qual procurou uma cultura de alta eficiência nos processos, pelo uso de tecnologias avançadas. Para isto foram transferidos cerca de 70 colaboradores da unidade pioneira, de modo a garantir que a cultura funcional fosse efetivamente implantada na nova unidade e permitisse a continuidade da qualidade da produção.

A Usina Santa Isabel construiu uma planta industrial de última geração na Unidade Mendonça, introduzindo novos conceitos. Foi uma das primeiras a ser montada com 100% dos acionamentos elétricos e assim disponibilizando toda a produção de vapor para a geração de energia. A segunda unidade inova também no *layout*, visto que facilita a manutenção e também as futuras ampliações, numa construção feita por meio de módulos.

A abertura da nova unidade encaixa-se na estratégia de crescimento do Grupo Santa Isabel, que, com a instalação da Usina de Mendonça, reduz a distância média de transporte de cana-de-açúcar dos canaviais até a unidade esmagadora. Observe-se ainda que Mendonça possui capacidade de moagem de 12.000 t/dia, produzindo 20.000 sacas de açúcar/dia de 300.000 litros de álcool hidratado/dia. Sua capacidade de geração de energia é de 39 MW, sendo que deste total, 17 MW são utilizados para consumo próprio e 22 MW são comercializado para a rede, contratados com a Eletrobrás pelo PROINFA.

Ao longo da safra, a Usina Santa Isabel em sua unidade de Mendonça tem capacidade de processar 2,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com produção de 60.000 litros de álcool e 250.000 toneladas de açúcar. No processo de cogeração somente o bagaço é utilizado

nas caldeiras e a unidade está operando somente na safra (maio a novembro). A tabela 4.7 mostra a capacidade instalada da Usina Santa Isabel em suas duas unidades.

Tabela 4.7 - Capacidade instalada de geração nas Unidades Novo Horizonte e Mendonça

Unidade	MW Gerado	MW Consumido	MW Excedente	Valor da Venda em MWh	Empresa Compradora Excedente
Novo Horizonte	40	15	25	R\$ 150,00	Pool de Empresas
Mendonça	39	17	22	R\$ 120,00	Eletrobrás

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

O regime de operação da usina é somente no período de safra, ou seja, gera-se energia apenas entre os meses de abril a novembro inclusive. Assim, a capacidade instalada é equivalente a 5.760 horas de operação, ficando a unidade Mendonça da seguinte forma: 5.760 horas x 39 MW de potência instalada equivalendo a 224.650 MWh de energia gerada ao ano (safra), sendo 97.920 MWh para consumo próprio e 126.720 MWh de energia excedente para venda. Esses valores correspondem a um percentual de 44% e 56% para consumo próprio e excedente para venda respectivamente, conforme demonstrado no gráfico 4.3.

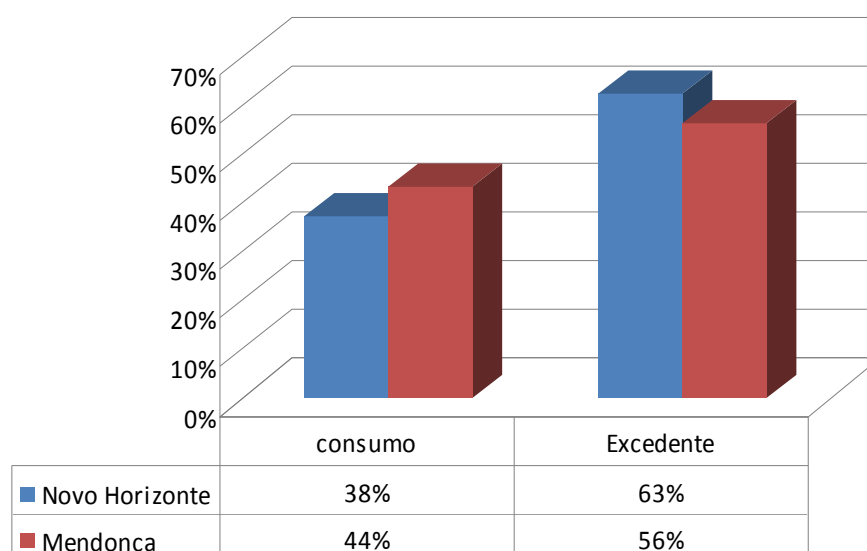


Gráfico 4.3 - Distribuição dos MW gerado da Santa Isabel

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo

Novos investimentos nos processos de cogeração poderão ser realizados nos próximos

anos, nas duas unidades. Há previsão de disponibilização de excedente de eletricidade na unidade de Novo Horizonte para o ano de 2009 e expansão da cogeração da unidade de Mendonça a partir de 2010.

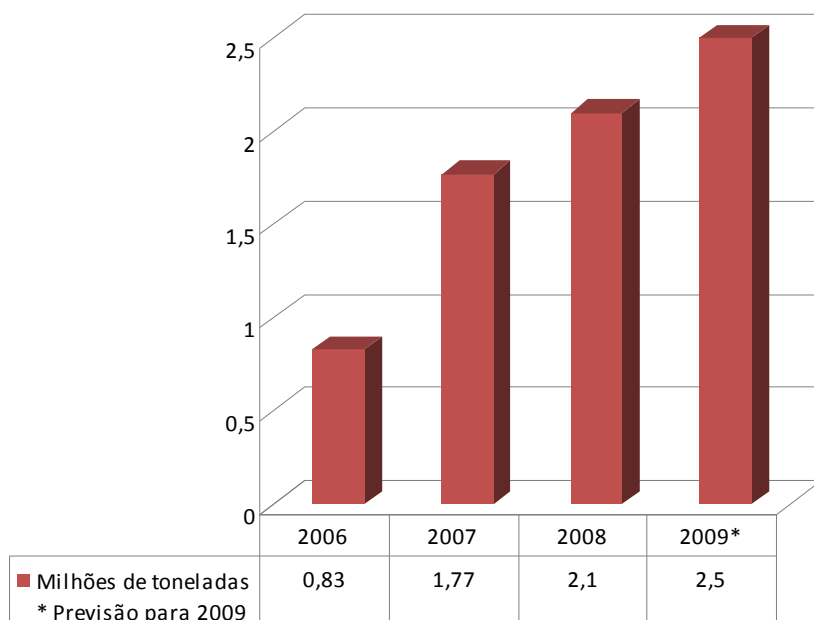


Gráfico 4.4 – Evolução de Moagem Unidade Mendonça

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Na usina a ferti-irrigação é realizada e cerca de 7% da colheita é mecanizada, já que as usinas precisarão se adequar à legislação de eliminação progressiva da queimada da palha no campo. O reflorestamento de 30% das áreas disponíveis é feito, segundo o entrevistado, por força da legislação de preservação de APPs. É destacada ainda que as legislações, tais como da eliminação das queimadas, deveriam ser acompanhadas de maior fomento à pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que dessem suporte ao empresário. No caso das queimadas seria interessante maior agilidade no desenvolvimento de processos mais eficientes no sentido de solucionar o problema de limpeza das lavouras e destinação da palha residual, já que acredita-se que aqueles desenvolvidos até agora não são economicamente viáveis para o empresário do setor sucroalcooleiro.

Os projetos MDL na Usina Santa Isabel não foram realizados até o momento, pois, segundo o proprietário, o foco dos investimentos está na cogeração de excedente de eletricidade e a empresa dispõe de pouca informação sobre este tipo de projeto (MDL). No entanto, futuramente, quando os investimentos nos processos de cogeração estiverem

estabilizados, poderá investir nesse segmento. Com relação às perspectivas futuras para o setor sucroalcooleiro paulista, acredita que no estado haverá áreas disponíveis para essa cultura nos próximos 5 anos, após o que a expansão se dará em outros estados. Ressalta ainda que não vê problema em investir em novas unidades fora do estado que tenha disponibilidade financeira para realizar tais investimentos.

Sobre os mercados de etanol, açúcar e eletricidade, Graciano afirma que há uma super oferta de açúcar que poderá afetar os preços do produto. O desenvolvimento do mercado externo de etanol depende de decisões políticas que visem incentivar o uso desse combustível, considerando os benéficos ambientais e a necessidade de fomento aos combustíveis alternativos ao petróleo. Acredita que haja grande potencial para a geração de eletricidade excedente pelo setor sucroalcooleiro; e que a utilização da palha como combustível auxiliar nos processos de cogeração deverá se concretizado a partir da adequação dos sistemas a vapor e do desenvolvimento de tecnologia para a sua coleta no campo, o transporte e a disponibilização na usina. A tabela 4.8 mostra a estrutura da Santa Isabel para o processo de cogeração.

Tabela 4.8 – Descrição da Usina Santa Isabel

Qde	Descrição
2	Caldeiras de 65 bar com 480°C
1	Caldeira de 45 bar com 400°
2	Geradores de 17.500, 25.000 KVA
2	Transformador de 30 MVA
2	Sistema de transporte de bagaço
2	Tratamento da Água

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Para a implantação do sistema de cogeração, a Santa Isabel investiu aproximadamente R\$ 3.000.000,00 (três milhões de reais) por MW gerado, sendo R\$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais) por MW gerado para cada unidade. Assim, a unidade Mendonça, objeto do estudo de caso, tem capacidade instala de 39 MW, o que monta o investimento em R\$ 58.500.000,00 (cinquenta e oito milhões e quinhentos mil reais)

Para o desenvolvimento das atividades de geração de energia elétrica através da utilização do bagaço de cana-de-açúcar, a usina Santa Isabel apurou como custo de operação e manutenção o valor de R\$ 35,00 por MWh, custo que representa a produção de açúcar, álcool e energia elétrica. Dados históricos da usina mostram que aproximadamente 30% desse custo são atribuídos a atividade de geração de energia elétrica, o que equivale à R\$ 10,50 por MWh gerado.

A venda do excedente de energia gerada é feita através de contratos. O excedente da unidade Mendonça é comercializado com a Eletrobrás pelo período de 15 anos e atualmente o valor contratual é de R\$ 120,00 (cento e vinte reais) por MWh; e o excedente da unidade Novo Horizonte é comercializado com um *pool* de empresas pelo período de 10 anos e atualmente o valor é de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais) por MWh.

4.3.3. Terceiro estudo de caso: Usina Santa Cândida¹³

Localizada no centro geográfico do Estado de São Paulo, na cidade de Bocaina, a Santa Cândida Açúcar e Álcool Ltda atua no setor há mais de 4 décadas. No início da década de 1960 os irmãos Tonon começam a explorar negócios na área de cereais, pecuária e engenho de aguardente de cana. Foi o marco inicial de um projeto econômico que não parou mais de crescer. Em 1980 inserem-se definitivamente no promissor mercado do álcool combustível, passando a produzir álcool anidro e hidratado para abastecimento da frota nacional de veículos movidos a esse combustível. A usina sempre acompanhou a evolução e as tendências do segmento e, no ano de 1996, começa a construção da fábrica de açúcar. A safra seguinte, de 97/98, é marcada pelo início da produção de açúcar, com capacidade instalada de produção da ordem de 10 mil sacas de 50 quilos por dia. Em 2002 a Santa Cândida evolui novamente, amplia a planta industrial com modernos equipamentos, aumenta a produção de álcool e chega a dobrar a capacidade de produção de açúcar, passando a produzir 20 mil sacas de 50 quilos por dia.

¹³ Borin, G. Diretor Industrial da Usina Santa Cândida.
Lera, Marco Antonio. Engenheiro Agrônomo da Usina Santa Cândida. Entrevista realizada na Cidade de Jaú em 18 de julho de 2008.

Os investimentos são contínuos, seguindo os avanços tecnológicos, bem como os cuidados especiais com os equipamentos e sua manutenção. Observam-se preocupação em aumentar constantemente a capacidade de produção, rígida controle de qualidade dos produtos desde a entrada da matéria-prima, com o controle do teor de sacarose da cana, (o que garante remuneração justa aos fornecedores), até os produtos finais, assegurando-se a sua qualidade total. O açúcar é exportado para várias regiões do mundo; o álcool, além de abastecer a frota nacional de veículos, também é vendido no exterior. O mesmo acontece com a levedura que, por ser de excelente qualidade, tem muita procura no mercado externo. Tudo isso gera riqueza para a região e para o país. São aproximadamente 3 mil empregos diretos durante a safra beneficiando cerca de 10 mil pessoas, o que faz da Santa Cândida uma das maiores empresas na geração de emprego e renda da região, aonde impulsiona o crescimento econômico de diversas cidades.

A Santa Cândida Açúcar e Álcool Ltda. tem como meta a melhoria contínua de seus processos produtos, através da agregação de valores socioambientais. Conta atualmente com uma área plantada de cana-de-açúcar de mais de 30.000 ha, obtendo uma produtividade agrícola em torno de 88 t/ha, com uma longevidade média de 6 cortes e uma riqueza média de 147 kg de ATR por tonelada de cana processada, utilizando-se das mais modernas praticas de conservação de solos. Os equipamentos são modernos em todas as operações, tanto em áreas próprias quanto na de terceiros, respeitando as Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente. Possui também uma área ferti-irrigada com cerca de 6.500 ha onde a vinhaça é utilizada como fertilizante orgânico, fazendo com que possíveis resíduos industriais que até pouco tempo atrás eram considerados problemas, tornem-se alternativas ambientalmente adequadas, tornando os processos produtivos economicamente eficientes, ambientalmente corretos e socialmente justos.

A planta industrial tem capacidade para processar 2.900.000 toneladas de cana por safra e produzir 200.000 toneladas de açúcar e 130.000.000 de litros de álcool etílico. Anexa à planta de produção de açúcar e álcool, há uma Usina Termoelétrica com capacidade instalada de 29 MW, que gera em média 23 MW de energia elétrica, sendo 8 MW utilizados para consumo próprio e 15 MW comercializados como excedentes e disponibilizados em linhas de transmissão do sistema interligado nacional. Anualmente são comercializados

aproximadamente 65.000 MWh, que geram RCEs comercializados no mercado internacional. São produzidos também 2000 toneladas/ano de levedura seca inativa, produto residual do processo de fabricação do álcool, rico em proteína, largamente utilizado na formulação de ração para animais.



Figura 4.1 – Processamento da usina Santa Cândida
Fonte: Estudo de caso.

Na área administrativa são utilizados modernos Sistemas informatizados de Gestão que permite o controle total de todas as etapas do processo produtivo, desde a área agrícola, passando pela área industrial e logística, assegurando a minimização dos custos e a maximização da produção, o que proporciona grandes oportunidades de expansão. Esses conceitos fazem parte do dia a dia e colocam a empresa como uma das principais responsáveis pelo atual desenvolvimento e enriquecimento regional. Os colaboradores recebem treinamento constante, garantindo a evolução da capacitação profissional e assegurando a execução das atividades com o máximo de segurança possível. Para tanto é exigido o uso de todos os equipamentos de proteção necessários nas diversas etapas da produção, quer na área agrícola, de manutenção ou na indústria.

A empresa tem grande consciência do seu papel social, e ao planejar o crescimento econômico se preocupa em proporcionar melhorias na qualidade de vida dos colaboradores e de seus dependentes, estreitando cada vez mais o relacionamento com a comunidade,

valorizando a vida de todos. Buscando a cada dia ampliar as ações e aperfeiçoar as já existentes, e, de acordo com as necessidades, abraçando novos projetos. As realizações dessas ações em 2005 levaram a resultados positivos em todos os aspectos, motivo de orgulho para toda a empresa. Alguns exemplos:

- 2.000 doses da vacina contra gripe;
- 10.000 atendimentos em auxílio medicamentos;
- pessoas atendidas pelo serviço social;
- Campanha de doação de sangue;
- 125.000 doses de soro re-hidratante distribuídas aos trabalhadores rurais;
- Programa de controle do alcoolismo;
- Bolsas de estudos,
- Campanha de prevenção de câncer do colo do útero e prevenção do câncer de boca;
- Distribuição de enxoval para bebês;
- Assistência médica e odontológica
- Assistência educacional;
- Cursos de artesanato diversos

É entendimento da empresa que o social tem tanta importância no âmbito empresarial quanto a qualidade, a produtividade e o avanço tecnológico, pois o homem é a principal peça da engrenagem que constitui a cadeia produtiva.

O respeito ao meio ambiente constitui o pilar da política ambiental da empresa, que acredita que a preservação juntamente com a eficiência econômica resulta na sustentabilidade do empreendimento e da comunidade na qual está inserido. Uma empresa que usa os recursos naturais na viabilização da sua produção entende que este patrimônio natural deve ser protegido e preservado.

O desenvolvimento sustentado implica a constante observação destes preceitos e rigoroso controle. O programa de monitoramento ambiental prevê, entre outras ações: análises periódicas da qualidade dos solos, águas subterrâneas, águas superficiais, geração de efluentes, emissões atmosféricas, destinação adequada de resíduos pós-consumo. A empresa tem demonstrado que é possível crescer e proteger o meio ambiente, com criatividade e projetos que transformam ameaças ambientais em oportunidades de negócios. Para citar exemplos, a usina utiliza filtros para controle da emissão de gases das caldeiras, Os resíduos

resultantes do processo industrial, após receberem tratamento adequado se transformam em fertilizantes e adubos orgânicos e são utilizados nos projetos de ferti-irrigação nas áreas de cultivo da cana de açúcar.

Outra preocupação é o cuidado com as Áreas de Preservação Permanente, recuperação de matas ciliares e manejo adequado das operações agrícolas, como terracimento do solo, que evitam o assoreamento de rios e córregos, medidas que fazem com que a Santa Cândida esteja sempre à frente de projetos que visam à melhoria da qualidade de vida.

Constituída em 1962 como Sociedade Solidária ou em Nome Coletivo, tendo como atividade a Exploração Agrícola de Cereais, Pecuária e Engenho de Aguardente de Cana, com seção de engarrafamento, sob a denominação de Irmãos Tonon & CIA, a Santa Cândida teve, em 31 de março de 1983, o seu ramo de atividade alterado, passando de engenho de aguardente para destilaria de álcool. A partir de 07 de abril de 1996, passou a denominar-se Santa Cândida Açúcar Álcool Ltda, alterando seu objeto social para as atividades de fabricação de açúcar e álcool, comércio, importação e exportação, inclusive de derivados.

Em agosto de 1997 inaugurou-se a fabrica de açúcar com capacidade para produção de 1.600.000 sacas de 50 kg./safra de 84.000 m³ de álcool/safra. Após investimentos para melhorar a qualidade de seus produtos e aumentar a capacidade produtiva, na safra de 2.002/2.003 a Santa Cândida passou a contar com capacidade instalada para moagem 2.500.000 toneladas de cana-de-açúcar, produção de 44.000 m³ de álcool Hidratado, 88.000 m³ de álcool anidro e 4.000.000 sacas/50 kg. de açúcar para um período de safra de 200 dias/ano. No mesmo ano, passou a integrar o sistema de Cogeração de Energia Elétrica e já para a safra de 2.003/2.004 a capacidade instalada de geração de energia elétrica é da ordem 20,6 mW por safra, o que suprirá toda a sua necessidade interna, havendo ainda um excedente que será exportado para o mercado através de contratos com as concessionárias.

Segundo Lera, da Usina Santa Cândida, após a moagem a cana resulta em aproximadamente 260 kg de bagaço para cada tonelada, de modo que das 2.804.485 toneladas de cana moídas em 2007 resultaram 734.214 toneladas de bagaço. Já em 2008 foram moídas 3.012.922 toneladas, gerando 766.553 toneladas de bagaço.



Figura 4.2 – Estrutura da usina Santa Cândida
Fonte: Estudo de caso.

Assim, a capacidade instalada da Usina Santa Cândida para a geração de energia do bagaço de cana é de 29 MW. O consumo próprio médio é de 8 MW, restando o excedente de 21 MW, dos quais 15 MW são vendidos em contrato à CPFL. Ainda sobram 6 MW, utilizados como reserva para garantia contratual.



Figura 4.3 – Transmissão da energia da usina Santa Cândida
Fonte: Estudo de caso.

Deste modo a Santa Cândida, que só opera durante os 8 meses de safra por ano, tem sua capacidade distribuída da seguinte forma: (24hs/dia x 30 dias/mês x 8 meses) = 5.760 horas/safra de operação.

Assim, a capacidade instalada para a geração de energia que é de 167.040 MWh. Resultado da operação de 5.760 horas x 29 MW, sendo 46.080 MWh para consumo próprio, 86.400 MWh de excedente para venda e 34.560 de garantia contratual. Esses valores correspondem a um percentual de 29 % e 71 % para consumo próprio e excedente para venda respectivamente, conforme demonstrado no gráfico 4.5.

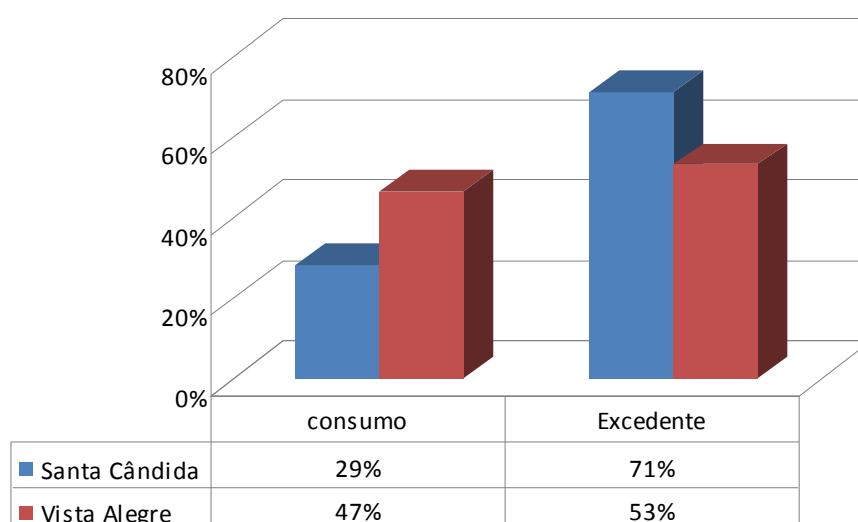


Gráfico 4.5 - Distribuição dos MW gerado da Usina Santa Cândida (unidades: Santa Cândida e Vista alegre)

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A tabela 4.9 demonstra a estrutura da usina para o processo de cogeração de energia elétrica.

Tabela 4.9 – Descrição da Usina Santa Cândida

Qde	Descrição
2	Caldeiras de 21 bar com 300 °C
1	Caldeira de 42 bar com 400 °C
3	Geradores de 18.750, 15.000 e 2.000 kVA
1	Transformador de 25 MVA
1	Sistema de transporte de bagaço
1	Tratamento da Água

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

As caldeiras são de classe A, cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 Kpa (19,6 bar = 19,98 kgf/cm²), são caldeiras aquotubulares. O vapor sai da caldeira para o gerador de energia e moendas com 21 kgf/cm² de pressão e temperatura de 300 °C, chegando às turbinas com 280 °C, e sai das turbinas com 1,5 kgf/cm² e temperatura em torno de 140 °C. O volume de bagaço na alimentação das 5 caldeiras é de 178,1 t/hora. O fluxo de água é contínuo, sendo bombeado numa pressão de 36 kgf/cm² nas caldeiras de 21 de 57 kgf/cm² para caldeira de 42 e temperatura de mais ou menos 115 °C à 120 °C, com uma vazão para alimentar 3 caldeiras, dependendo da demanda de vapor, em média de 332 m³/h.



Figura 4.4 – Caldeiras da usina Santa Cândida
Fonte: Estudo de caso.

O poder calorífico do bagaço é a energia liberada na forma de calor pela combustão de 1 kg de bagaço. Há dois valores de poder calorífico: o poder calorífico superior, PCS, e o poder calorífico inferior, PCI. O PCS considera o calor liberado pelo bagaço quando há condensação da água nos gases de combustão, tanto a contida na umidade do bagaço, como a formada pela combustão do hidrogênio contido na fibra do bagaço. O PCS pode ser medido em laboratório através de um equipamento chamado bomba calorimétrica.

O PCI considera que a água contida na unidade do bagaço e a formada pela combustão do hidrogênio saíam em forma gasosa nos gases de combustão. Na prática, deve-se usar o PCI, que é calculado a partir do PCS. O poder calorífico do bagaço é de 1650 kcal/kg.

Segundo Lera, a produção de cana-de-açúcar da usina Santa Cândida pode ser considerada de médio porte, produzindo na safra 2006/2007 cerca de 2.804.485 toneladas de cana moída e na safra 2007/2008 cerca de 3.012.922 toneladas de cana moída.

Quanto à ampliação de capacidade, Lera ressalta que o BNDES aprovou crédito de R\$ 132,3 milhões para a empresa Vista Alegre Açúcar e Álcool Ltda construir unidade industrial para a produção de açúcar e álcool, com capacidade total de moagem de 2 milhões de toneladas de cana por safra e 30 megawatts de potência em Maracaju (MS). Os investimentos vão gerar 1,5 mil empregos diretos e 1 mil indiretos. Como a construção da usina desenvolverá infra-estrutura e aumento da oferta de serviços básicos na região, o projeto contribuirá para o crescimento da economia local. Além disso, a empresa utilizará mão-de-obra local, que demandará treinamento e qualificação específica. Para a safra 2009/2011, a usina produzirá 90 mil metros cúbicos de álcool combustível e 129 mil toneladas de açúcar, além de dispor de potência destinada à geração de energia elétrica para consumo próprio de 14 MW na primeira fase do projeto.

O apoio do banco representa 61% do valor total do projeto, de R\$ 216,5 milhões, e serão repassados por consórcio de bancos liderados pelo Banco do Brasil. A localização do projeto é estratégica para os bons resultados do empreendimento, devido à grande disponibilidade de terras de boa qualidade e fertilidade, às boas condições climáticas e à topografia. O parque industrial ficará distante cerca de 9 quilômetros do perímetro urbano do distrito de Vista Alegre e de 320 quilômetros da hidrovia da Bacia da Prata, em Porto Murtinho. A tecnologia industrial utilizada na construção da usina é difundida no mercado e compatível com as mais modernas do setor, totalmente composta por equipamentos novos. O projeto contempla medidas de controle ambiental. Entre as principais estão o controle e fiscalização das atividades agrícolas, de emissões gasosas e utilização de filtros de última geração. A empresa também desenvolveu programa de diminuição de queimadas e conseqüente aumento do corte e colheita mecanizados.

O excedente de eletricidade possibilitou à usina uma nova fonte de receita. Pode ser considerado um novo produto da empresa, além permitir a inserção dela no mercado de crédito de carbono, no âmbito das oportunidades do MDL, agregando valor a sua imagem.

Quanto às perspectivas do setor sucroalcooleiro para os próximos anos, o entrevistado afirma que o momento é propício a novos investimentos, pois a economia global está carente de combustíveis alternativos: o etanol é a bola da vez e conseqüentemente o aumento de sua produção gerará mais bagaço, que por sua vez proporcionará a geração de mais energia excedente comercializável na rede. O Brasil tem potencial para atender a demanda por combustível “limpo” reduzindo a dependência do petróleo de outros países, sem falar na redução de Gases de Efeito Estufa a um custo adequado. Haja vista a usina Santa Cândida, que vem caminhando nesta direção, conforme já relatado.

Para a implantação do sistema de cogeração, a Santa Cândida investiu aproximadamente R\$ 1.190.000,00 (hum milhão cento e noventa mil reais) por MW. Assim, a capacidade instalada é de 21 MW. o que monta o investimento a R\$ 25.000.000,00 (vinte e cinco milhões de reais). Para o desenvolvimento das atividades de geração de energia elétrica apurou-se como custo de operação e manutenção o valor de R\$ 12,00 por MWh.



Figura 4.5 – Visão geral da estrutura da usina Santa Cândida
Fonte: Estudo de caso.

A venda do excedente é feita através de contrato com a empresa pelo período de vinte anos; atualmente o valor contratual é de R\$ 132,63 (cento e trinta e dois reais e sessenta e três centavos) por MWh para o ano de 2008, com cláusula de reajuste pelo IGPM, até 2012

4.3.4. Quarto estudo de caso: Usina Catanduva¹⁴

A Usina Catanduva iniciou suas atividades em 1933 com a fundação da primeira unidade, denominada Nossa Senhora Aparecida, por Virgolino de Oliveira, no município de Itapira, leste paulista. Juntamente com outros usineiros, em 1959, Virgolino de Oliveira foi um dos fundadores da Copersucar, que, com espírito cooperativista, ajudou a promover o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. Seus herdeiros adquiriram em 1971 a Usina Catanduva, no município de Ariranha. Com a expansão do setor, mais duas novas unidades foram instaladas na região noroeste do estado: a unidade de José Bonifácio e a unidade de Monções, em 2006 e 2008 respectivamente.

É uma empresa de controle acionário de uma só família, peculiaridade que lhe assegura uma sucessão familiar definida. Combina tal vantagem com uma estrutura organizacional totalmente profissionalizada, que tem lhe dado uma situação de competitividade diferenciada. O empreendimento possui mais 6.800 empregados diretos e, dentro da sua visão de responsabilidade social, possui um amplo quadro de benefícios, indo da área de saúde a programas educacionais diferenciados.

Em 2008, a Catanduva possuía uma estrutura agrícola que permitia realizar todas as atividades da produção de cana, desde a formação da lavoura até a entrega de matéria-prima para o processamento, em uma área cultivada de cerca de 100.00 hectares ou 44.000 alqueires paulistas. A área industrial do grupo tem capacidade para processar diariamente mais de 55 mil toneladas de cana-de-açúcar.

Na safra 2008/09, as quatro unidades processaram 11 milhões de toneladas, sendo 50% oriundas de fornecedores e parceiros. A quantidade de açúcar e álcool produzidos, subdividida por unidade industrial, é representada na tabela 4.10 abaixo.

¹⁴ Silva, Gaspar Antonio. Diretor e Engenheiro Agrimensor da Usina Catanduva. Entrevista realizada da cidade de Catanduva-SP, em 13/10/08.

Tabela 4.10 – Capacidade de Produção da Usina Catanduva

Unidades	Sacos 50 kg Açúcar	Litros de Álcool
Itapira	1.635.400	74.807.621,04
Catanduva	4.315.817	217.689.260,90
José Bonifácio	3.681.109,10	79.683.298,13
Monções	1.583.236	38.926.651,34
Total GVO	11.215.562,10	411.106.831,41

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Nas últimas cinco safras houve uma evolução considerável na quantidade de cana processada em toneladas por Unidade Industrial, conforme demonstrado na tabela 4.11. .

Tabela 4.11 Cana Processada por Unidade Industrial

Safras	Itapira	Catanduva	José Bonifácio	Monções	Total GVO
04/05	1.253.005,10	3.584.729,67	-	-	4.837.734,77
05/06	1.403.036,14	3.671.481,23	-	-	5.074.517,37
06/07	1.363.187,67	3.912.799,21	959.518,76	-	6.235.505,64
07/08	1.455.015,28	4.005.475,71	1.142.364,22	-	6.602.855,21
08/09	1.597.772,24	4.039.739,22	2.353.597,46	1.011.427,28	9.002.536,20

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A evolução da tonelagem de cana processada da Usina Catanduva nos últimos cinco anos está representada no gráfico 4.6 a seguir.

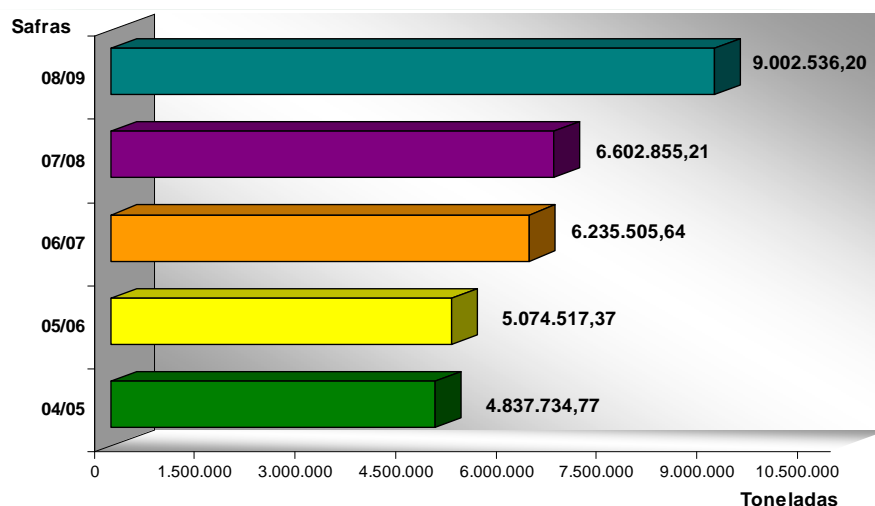


Gráfico 4.6 - Evolução do Processamento de Cana por Safra do grupo

Fonte: Elaboração própria com dados colhidos no trabalho de campo.

Para determinar o preço da cana comprada pelos usineiros e paga aos fornecedores, utiliza-se uma metodologia denominada Remuneração da Tonelada de Cana pela Qualidade/CONSECANA, que considera para isto a quantidade de Açúcar Total Recuperável (ATR), contida na matéria-prima entregue na unidade de processamento e o preço do quilograma do ATR vigente no momento da transação.

A Usina Catanduva optou por alternativas tecnológicas para melhorar a qualidade de todas as operações agrícolas, visando obter maior competitividade de forma ambientalmente correta. A partir de 2003 foi adotada a Agricultura de Precisão no plantio e colheita da cana-de-açúcar, para orientar a aplicação de corretivos e defensivos agrícolas. Essa tecnologia utiliza sinais de satélites, equipamentos eletrônicos e receptores de GPS (Sistema de Posicionamento Global) para reconhecer e localizar de forma exata as áreas e as linhas de cultivo. Os dados obtidos, associados à informática, permitem que máquinas e equipamentos trabalhem seguindo informações pré-estabelecidas, formatadas e inseridas em sua memória.

O objetivo da análise química do solo é servir como guia para o manejo racional de sua fertilidade. Nos laboratórios da usina são realizadas análises que permitem a avaliação e correção do solo de acordo com padrões técnicos agrônômicos, maximizando a produção de cana-de-açúcar. A usina dispõe ainda de um laboratório de entomologia¹⁵ na unidade de Itapira, onde são criados inimigos naturais das pragas de cana-de-açúcar, para realizar o seu

¹⁵ Entomologia é a ciência que estuda os insetos sob todos os seus aspectos e relações com o homem, as plantas, os animais e o ambiente.

controle biológico. Além disto, são feitos monitoramentos das principais pragas de solo, com o objetivo de diminuir a utilização dos produtos químicos, proporcionando com isso uma redução nos custos de controle de praga e maior proteção ao meio ambiente e ao trabalhador.

A Usina Catanduva mantém convênios com instituições de pesquisa do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), que desenvolvem o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar visando obter mudas de variedades que proporcionem maior retorno econômico. Estas instituições fornecem mudas para o plantio dos ensaios e viveiros com o objetivo de selecionar os clones que melhor se adaptam à cada região, ou seja, as mudas que são as mais produtivas, de melhor qualidade (teor de sacarose) e de maior resistência às pragas e doenças.

A partir de 1996 a Usina Catanduva tomou a iniciativa e implantou uma política de preservação ambiental, contemplando a formação de um viveiro para a produção de espécies florestais nativas, com intuito de recuperar as áreas de preservação permanente como complemento do trabalho de conservação de solo e água. O programa tem o propósito de cuidar do florestamento das áreas de plantio da usina, como quantificado na tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Número de Plantas por Unidade Industrial

Catanduva	Itapira	José Bonifácio	Monções
1.000.000	150.000	26.000	24.000
Total: 1.200.000			

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A Usina Catanduva está inserida no Projeto Etanol Verde, composto de 21 projetos estratégicos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, cujo objetivo é estimular boas práticas na cadeia de produção sucroalcooleira, de forma que se consolide o desenvolvimento sustentável do setor. Os principais aspectos do projeto estão relacionados à eliminação da queimada de canaviais, proteção de áreas de preservação permanente, adoção de medidas de conservação do solo, minimização do uso de água na indústria, adoção de boas práticas para descarte de embalagens vazias de agrotóxicos e minimização das emissões atmosféricas nas chaminés da indústria.

Além dos benefícios nas áreas de saúde e promoção social, a empresa desenvolveu um amplo projeto educacional que proporciona cursos desde a alfabetização até a pós-graduação, conforme demonstrado da tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Projeto Educacional por Unidade Industrial

Cursos	Catanduva		Itapira		José Bonifácio		Monções	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Alfabetização (Mova/EJA)	18	69	26	40	0	0	0	0
Ensino Fundamental	34	237	43	49	20	7	0	0
Ensino Médio	65	256	31	73	10	8	0	0
Técnico Agrícola	0	30	0	17	0	6	0	3
Técnico Açúcar e Álcool	0	36	0	45	0	0	0	0
MBA(FGV)	0	33	0	5	0	0	0	0
PEC(FGV)	0	37	0	17	0	0	0	0
MBA Logística	36	0	5	0	4	0	3	0
Mestrado em Agroenergia	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	155	698	105	246	34	21	3	3

Legenda: E (Estudando) F (Formados)

Fonte: Usina Catanduva

Em fevereiro de 2008, a Usina Catanduva iniciou o programa Universidade Corporativa, visando intensificar os trabalhos de desenvolvimento das competências individuais de seus colaboradores e dar suporte ao desenvolvimento/sustentação da competência empresarial. O público inicial envolve colaboradores das áreas agrícola, industrial e automotiva. É mais um projeto alinhado a planejamento estratégico, objetivos e metas do grupo. A tabela 4.14 demonstra o número de participantes por unidade industrial.

Tabela 4.14 - Número de Participantes por Unidade Industrial

Cursos	Itapira	Catanduva	J. Bonifácio	Monções
Mecatrônica Industrial	40	40	40	40
Mecatrônica Automotiva	40	40	40	40
Master Driver	80	80	80	80
Total	160	160	160	160

Fonte: Usina Catanduva

Com relação ao processamento da cana, Gaspar Antonio da Silva, diretor e engenheiro agrimensor do Grupo Virgolino de Oliveira, afirma que gera 260 kg de bagaço para cada tonelada moída, de modo que a unidade Catanduva, objeto da pesquisa, se comportou da seguinte forma: em 2007 foram processadas 4.005.475 toneladas de cana, gerando com isso 1.041.424 toneladas de bagaço; em 2008 foi processada 4.034.000 toneladas, gerando 1.048.840 toneladas de bagaço. A tabela 4.15 demonstra a quantidade de cana processada em tonelada, bem como a tonelagem de bagaço correspondente.

Tabela 4.15 - Cana processada e bagaço gerado/safra

Safras	Cana processada Catanduva (t)	Bagaço Gerado (t)
04/05	3.584.729,67	932.030
05/06	3.671.481,23	954.585
06/07	3.912.799,21	1.017.328
07/08	4.005.475,71	1.041.424
08/09	4.039.739,22	1.048.840

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A capacidade instalada da usina para geração de energia por bagaço é de 12 MW. O consumo médio para seu funcionamento é de 10 MW, levando em consideração que só opera em período de safra, ou seja, 8 meses por ano, de modo que isso equivale a (24hs/dia x 30 dias/mês x 8 meses) = 5.760 horas/safra, conforme demonstrado na tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Capacidade instalada da unidade Catanduva

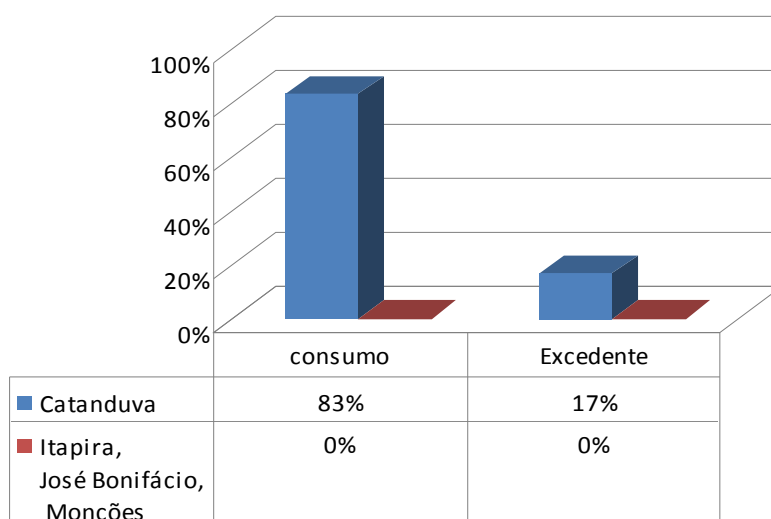
Capacidade Instalada	Consumo Próprio	Excedente	Horas/safra (*)	MWh
12	10	2	5760	69.120

(*) 24hs/dia * 30 dias*8meses = 5.760 h

Observações: os dias de operação representam o período de operação total no ano ou safra descontado 10% de períodos de ajustes ou paradas.

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

Assim, a capacidade instalada de geração de energia é equivalente a (5.760 horas x 12MW) = 69.120 MWh, do mesmo modo que o consumo para funcionamento da usina é equivalente a (5.760 x 10MW) = 57.600 MWh. Esses valores correspondem a um percentual de 83 % e 17 % para consumo próprio e excedente para venda, respectivamente, conforme demonstrado no gráfico 4.7, mesmo sem contratos de comercialização do excedente.

**Gráfico 4.7 - Distribuição dos MW gerado da Usina Catanduva**

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A tabela 4.17 demonstra a estrutura da usina Santa Catanduva para o processo de cogeração de energia elétrica com o bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 4.17 - Estrutura da Unidade Catanduva

Qde	Descrição
5	Caldeiras de 21 bar
3	Geradores de 3250, 5000 e 6250 KVA
1	Transformador
1	Tratamento da Água

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

As caldeiras são de classe A, cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 Kpa (19,6 bar = 19,98 kgf/cm²), e são aquotubulares. O volume de bagaço na alimentação das 5 caldeiras é de 178,1 t/hora. O vapor sai da caldeira para o gerador de energia e moendas com 21 kgf/cm² de pressão e temperatura de 300 °C, chegando às turbinas com 280 °C e sai das turbinas com 1,5 kgf/cm² e temperatura em torno de 140 °C. O fluxo de água para as caldeiras é contínuo, sendo bombeado numa pressão de 36 kgf e temperatura de mais ou menos 108 °C com uma vazão para alimentar 5 caldeiras, dependendo da demanda de vapor, em média de 400 m³/h.

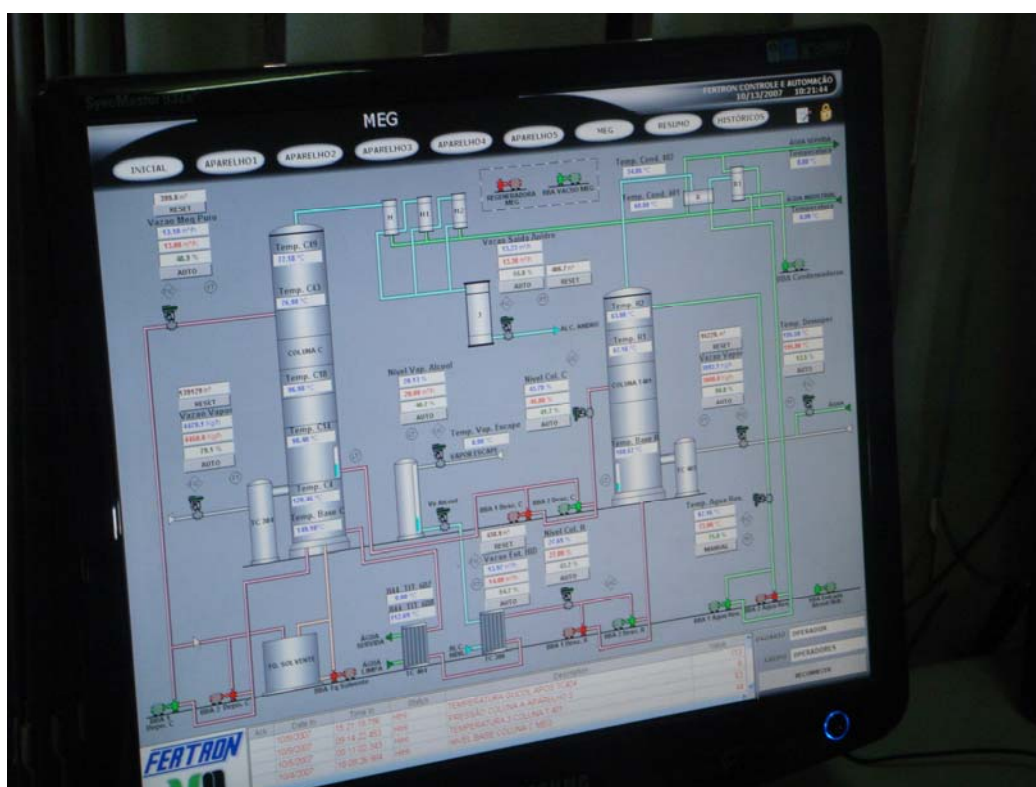


Figura 4.6 – Controle de operações das caldeiras da usina Catanduva
Fonte: Estudo de caso.

O poder calorífico do bagaço, de 1650 kcal/kg, é a energia liberada na forma de calor pela combustão de 1 kg de bagaço.. Há dois valores de poder calorífico: o poder calorífico superior, PCS, e o poder calorífico inferior, PCI. O PCS considera o calor liberado pelo bagaço quando há condensação da água nos gases de combustão, tanto a contida na umidade do bagaço, como a formada pela combustão do hidrogênio contido na fibra do bagaço. O PCS pode ser medido em laboratório através de um equipamento chamado bomba calorimétrica. O PCI considera que a água contida na umidade do bagaço e a formada pela combustão do hidrogênio saiam na forma gasosa nos gases de combustão. Na prática, deve-se usar o PCI, que é calculado a partir do PCS.

Segundo Silva, da Usina Catanduva, o volume de água na entrada da caldeira é 400 m³/h. em 5 caldeiras, produzindo 440 t. de vapor/h. sendo:

- 2 caldeiras x 100 t./hora de vapor = 200t. de vapor/hora.
- 3 caldeiras x 80 t./ hora de vapor = 240t. de vapor/hora.

Ainda segundo Silva, a produção de cana-de-açúcar da usina Catanduva pode ser considerada de médio porte: na safra 2006/2007 chegou a cerca de 4.055.475 toneladas de cana moída e na safra 2007/2008 , 4.034.000 toneladas.

Com relação à expansão da geração de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo entre 2010 e 2015, Silva comenta que ela poderá ocorrer, com a entrada das novas unidades que estão sendo construídas, visto que algumas delas estão direcionando sua produção para álcool e energia elétrica. Nesse modelo o custo de implantação da nova unidade é menor. Porém muitas usinas estão esperando o que acontecerá em relação à demanda do álcool, uma vez que a venda de carros flex está aumentando ano a ano, sem contar da possibilidade de abertura dos novos mercados mundiais. O álcool também tem um apelo ambiental, o que vem contribuindo para a procura do álcool combustível, o álcool anidro, que é utilizado na mistura com a gasolina.

Vários países estão buscando elaborar um plano energético ambientalmente correto, até mesmo para atender o protocolo de Kyoto. Também buscando em diminuir a dependência do petróleo, um produto finito. Com todas essas questões em relação ao possível mercado do álcool, as usinas e os institutos de estudos estão analisando a questão e a viabilidade econômica do álcool de segunda geração, ou seja, a produção do álcool a partir da palha e do

bagaço da cana. Com isso não terá matéria-prima para a geração de energia elétrica. Silva comenta ainda que na safra de 2007/2008, aproximadamente 500.000 toneladas de bagaço excedente foram vendidas para a Citrovita, do grupo Votorantim, por aproximadamente R\$ 1.000.000,00.

Com relação à disponibilidade de capital para financiar a expansão, Silva acredita que o setor não dispõe de capital próprio para esse financiamento, ficando na dependência do BNDES.

Para a implantação do sistema de cogeração, a usina Catanduva investiu aproximadamente R\$ 1.000,000, 00 (Hum milhão de reais) por MW gerado. Assim, a capacidade instalada da usina é de 12 MW, o que monta o investimento em R\$ 12.000.000,00 (doze milhões de reais). Para o desenvolvimento de suas atividades foi apurado o custo de operação e manutenção médio de R\$ 357,00 por MWh. Esse custo representa a produção de açúcar, álcool e geração de energia elétrica. Dados históricos da usina mostram que aproximadamente 10% desse custo são atribuídos a atividade de geração de energia elétrica, o que equivale à R\$ 35,70 por MWh gerado. A usina não gera excedente para venda, mas para efeito de análise de dados foi considerado o valor médio de venda no valor de R\$ 120,00 por MWh que será considerado nesse estudo como custo evitado pelo autoconsumo de energia elétrica.



Figura 4.7 – Visão panorâmica da estrutura da usina Catanduva
Fonte: Estudo de caso.

4.4. Comentários finais ao capítulo 4

Neste capítulo foram apresentados os dados para a análise da viabilidade econômico-financeira e dos custos da implantação do sistema de cogeração de energia com o bagaço da cana-de-açúcar através do estudo de caso das quatro usinas selecionadas. As quatro foram caracterizadas de acordo com a capacidade de produção de álcool e açúcar, a capacidade de geração de energia com o bagaço residual da moagem da cana e a evolução da tonelagem de cana moída por ano (safra). Quanto ao volume de energia (MWh) produzida por cada uma, foram identificados o volume usado em consumo próprio e o excedente para comercialização, bem como os preços praticados nos contratos de venda.

Os pontos importantes indicados no estudo de caso são a estrutura de cada usina, o investimento necessário para a geração de energia com bagaço de cana, o custo de O&M e a economia feita com a produção de energia para consumo próprio. A identificação destes custos possibilita analisar suas tendências, além da viabilidade econômico-financeira para os investidores, aspectos que são tratados no capítulo 5 capítulo, a seguir.

5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA E ANÁLISE DE CUSTOS

As análises feitas neste capítulo incluem o detalhamento de fluxo de caixa para empreendimentos de cogeração a partir do bagaço da cana. Leva-se em conta a teoria clássica de finanças, de modo a mensurar e calcular o VPL, a TIR e o Payback, emitindo-se um relatório sobre os valores encontrados no sentido de avaliar, do ponto de vista teórico, o comportamento e a evolução do investimento feito para o projeto em questão. Serão incluídos, também, nas análises desenvolvidas a seguir, os custos levantados durante os estudos de caso, para demonstrar seu comportamento e suas tendências na implantação do sistema de cogeração.

5.1. Análise Conclusiva

A geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar, como já deve ter ficado claro a esta altura do trabalho, não é um subproduto das usinas, mas uma terceira fonte de negócios, tanto quanto o açúcar e o álcool.

Diante disto, o que se realizou foi o levantamento dos gastos necessários para a implantação de uma usina de cogeração com investimentos em caldeiras, geradores e transformadores, como exposto na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Investimentos para implantação

Usina	Investimento (R\$)	R\$ por MW Instalado
Usina Cerradinho	103.000.000,00	1.373.300,00
Santa Isabel	58.000.000,00	1.500.000,00
Usina Santa Cândida	25.000.000,00	1.190.000,00
Usina Catanduva	12.000.000,00	1.000.000,00

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

A variação existente entre as Usinas Cerradinho e Santa Isabel com as Usinas Santa Cândida e Catanduva se deu ao pelo fato de a tecnologia empregada na instalação ser bem diferente em capacidade de operação, o que interfere diretamente no custo em por R\$ por MW instalado.

Os Fluxos de Caixa Livres (*Net Cash Flow*) projetados das quatro usinas são apresentados nos anexos B, C, D e E. Assumiu-se o IGPM¹⁶ como indexador de aumento estimado em 9,81% ao ano na tarifa de energia comercializada, conforme estabelecido em contrato com as empresas compradoras de energia excedente. Considerou-se o mesmo índice para atualização anual do item Operação e Manutenção (O&M), ao longo da vida útil do projeto.

Para efeito de desconto do Fluxo de Caixa projetado assumiu-se uma taxa de desconto de 12%, sugerida pelos administradores das usinas. No cômputo dessa taxa considerou-se a taxa SELIC divulgada pelo Banco Central do Brasil, acrescida de um prêmio de risco em torno de 3% ao ano como garantia de cobertura do risco adicional, chegando-se, assim, ao custo médio ponderado de capital (WACC) do projeto, no pressuposto de que esta taxa sirva como balizadora do custo de oportunidade dos investidores.

A energia produzida para consumo próprio não é comercializada e, portanto, não gera receita. Por outro lado, ela substitui a energia que seria comprada de terceiros. Desta forma, o custo evitado representa receita no fluxo de caixa adicional. Este custo é apresentado na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Custo anual evitado das usinas analisadas

Usina	Preço energia ¹⁷ (R\$/MWh)	MWh – Consumo ¹⁸	Custo evitado R\$
Cerradinho	147,00	70.560	10.372.320,00
Santa Isabel	120,00	97.920	11.750.400,00
Santa Cândida	132,63	46.080	6.111.590,40
Catanduva	120,00	57.600	6.912.000,00

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

¹⁶ IGPM - Índice Geral de Preços do Mercado

¹⁷ Com base no contrato de excedente

¹⁸ O valor em MWh é o resultado de (30 dias no mês x 24h dia x 8 meses da safra por ano x 17 MW de consumo)

Os empreendimentos de autoprodução trazem despesas administrativas e custos de operação e manutenção (O&M) que devem ser consideradas na avaliação dos projetos. Estes gastos são contabilizados como parcela equivalente a entre 5% e 10% da receita obtida com a venda da energia excedente.

No capítulo 4 (estudo de caso) foram levantados os custos com O&M de cada usina, indicados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Custos com O&M das usinas analisadas

Usina	Qde. de MWh gerado	Custo O&M R\$/MWh ¹⁹	Custo total com O&M (R\$)
Cerradinho	378.000	25,00	9.450.000,00
Santa Isabel	224.640	10,50	2.358.720,00
Santa Cândida	120.960	12,00	1.451.520,00
Catanduva	69.120	35,70	2.467.584,00

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

5.1.1. Análise do Fluxo de Caixa Livre – Usina Cerradinho

O Fluxo de Caixa Livre projetado para a usina Cerradinho é apresentado no anexo B. O investimento feito na geração de energia foi de R\$ 1.373.300,00 por MW gerado. Uma vez que a capacidade da unidade é de 75 MW, o investimento total foi de R\$ 103.000.000,00, dos quais R\$ 56.000.000,00 para a unidade Catanduva, objeto do estudo de caso, e R\$ 47.000.000,00 para unidade Potirendaba. O custo de O&M fornecido pela usina Cerradinho para a geração de energia foi de R\$ 25,00 por MWh gerado, perfazendo um custo total em O&M de R\$ 4.536.000,00. O valor de comercialização do excedente de energia da Usina Cerradinho, em sua unidade Catanduva, que rendeu contrato de 20 anos com a Eletropaulo/Eletróbrás, foi de R\$ 147,00 por MWh, atualizado anualmente pelo IGPm.

A usina Cerradinho, unidade Catanduva, tem comercializado 36 MW de excedente, que equivalem a 181.440 MWh de energia. Assim, a operação mercantil gerou uma receita de R\$ 26.671.680,00 no primeiro ano.

¹⁹ Valores fornecidos pelas usinas estudadas.

A projeção do Fluxo de Caixa Livre (*Net Cash Flow*) para 20 anos tem custo de capital (WACC) de 15% ao ano aliado a estimativas de aumento do valor do MWh excedente para venda e estimativa de aumento do custo com operação e manutenção calculado pelo IGPM, indexador este estabelecido nos contratos com as empresas compradoras de excedente de energia.

Considera-se, ainda, o custo com a depreciação dos investimentos projetados para 20 anos (vida útil do projeto), ou seja, 5% ao ano. O investimento realizado pela usina Cerradinho apresenta TIR de 35,5%, VPL de R\$ 112.980.642,00, Payback Simples de quatro anos e Payback descontado de cinco anos.

Assim, do ponto de vista econômico-financeiro, o estudo mostra que o investimento feito pela usina Cerradinho na unidade Catanduva é economicamente viável porque o VPL de R\$ 112.980.642,00 se comportou acima de zero, tornando o projeto aceitável, segundo a teoria financeira. Esta conclusão é reforçada pela TIR de 35,5%, índice acima do retorno mínimo de capital esperado, de 15%.

5.1.2. Análise do Fluxo de Caixa Livre – Usina Santa Isabel

O Fluxo de Caixa Livre projetado para a usina Santa Isabel, unidade Mendonça, é apresentado no anexo C. O investimento realizado foi de R\$ 1.500.000,00 por MW gerado. Uma vez que a capacidade da unidade é de 39 MW, o investimento total foi de R\$ 58.500.000,00. O custo de O&M fornecido pela usina Santa Isabel para a geração de energia foi de R\$ 10,50 por MWh, totalizando R\$ 1.330.560,00. O valor de comercialização do excedente que gerou contrato de 15 anos com a Eletrobrás foi de R\$ 120,00 por MWh, atualizado anualmente pelo IGPM. A mesma usina de Mendonça comercializava 22 MW excedentes, equivalentes a 126.720 MWh de energia. A operação gerou, portanto, uma receita de R\$ 15.206.400,00 no primeiro ano.

A projeção do Fluxo de Caixa Livre para 20 anos tem um custo de capital (WACC) de 15% ao ano, aliado a estimativa de aumento do valor do MWh excedente para venda e estimativa de aumento do custo de operação e manutenção calculado pelo IGPM, indexador este estabelecido nos contratos com as empresas compradoras de excedente de energia..

Considera-se, ainda, o custo com a depreciação dos investimentos projetados para 20 anos (vida útil do projeto), ou seja, 5% ao ano. O investimento realizado pela usina Santa Isabel apresenta TIR de 24,6%, VPL de R\$ 50.002.856,00, Payback simples de cinco anos e Payback descontado de oito anos.

Assim, o investimento feito pela Usina Santa Isabel na unidade Mendonça é economicamente viável porque o VPL de R\$ 50.002.856,00 se comportou acima de zero, tornando o projeto aceitável de acordo com a teoria financeira. Esta conclusão é reforçada pela TIR de 24,6%, índice superior ao retorno de capital esperado, de 15%.

5.1.3. Análise do Fluxo de Caixa Livre – Usina Santa Cândida

O Fluxo de Caixa Livre da usina Santa Cândida é apresentado no anexo D. Com capacidade de 21 MW e custo de R\$ R\$ 1.190.000,00 por MW, o investimento total soma R\$ 25.000.000,00. Em relação à O&M, o custo é de R\$ 12,00 por MWh, totalizando R\$ 1.036.800,00. No contrato de vinte anos estabelecido com a CPFL, o valor de comercialização do excedente é de R\$ 132,63 por MWh, corrigido anualmente pelo IGPM.

A venda de 15 MW excedentes, equivalentes a 86.400 MWh de energia, gerou receita de R\$ 11.459.232,00 no primeiro ano.

A projeção do Fluxo de Caixa Livre (*Net Cash Flow*) para 20 anos tem um custo de capital (WACC) de 15% ao ano, aliado a estimativa de aumento do valor do MWh excedente para venda e da estimativa de aumento do custo com operação e manutenção (O&M) pelo IGPM como indexador desse aumento, indexador esse estipulado nos contratos com as empresas compradoras de excedente de energia.

O custo de depreciação do investimento projetado para 20 anos (vida útil do projeto), é de 5% ao ano. O investimento da Santa Cândida apresenta TIR de 36,9%, VPL de R\$ 54.523.397,00, Payback simples de quatro anos e Payback descontado de cinco anos.

O investimento da Usina Santa Cândida para a geração de energia elétrica é economicamente viável porque o VPL de R\$ 54.523.397,00 se comportou acima de zero,

tornando o projeto aceitável de acordo com a teoria financeira. A conclusão é reforçada pela TIR de 36,9%, índice superior ao mínimo de capital esperado, de 15%.

5.1.4. Análise do Fluxo de Caixa Livre – Usina Catanduva

O Fluxo de Caixa Livre projetado da usina Catanduva é apresentado no anexo E. O investimento feito para geração de energia foi de R\$ 1.000.000,00 por MW. Com capacidade 12 MW, o investimento total foi de R\$ 12.000.000,00. O custo de O&M é de R\$ 35,7 por MWh, totalizando R\$ 2.056.320,00.

Para efeito de demonstrativo de receita gerada, uma vez que a Usina Catanduva não possui contratos de vendas de energia, considerou-se o valor médio, sugerido pelos administradores, de R\$ 120,00 por MWh para contratos de 20 anos. O IGPM foi considerado como indexador do aumento progressivo do preço de energia.

Como a Catanduva não produz excedente para comercialização, a análise é feita com projeção dos 10 MW consumidos, equivalentes a 57.600 MWh de energia gerada. Feita uma simulação, a venda geraria receita de R\$ 6.912.000,00.

A projeção do Fluxo de Caixa Livre para 20 anos tem custo de capital (WACC) de 15% ao ano. O aumento dos valores do MWh excedente para venda e do custo de operação e manutenção são indexados pelo IGPM, índice estabelecido nos contratos com as empresas compradoras..

Considerando-se ainda o custo de depreciação dos investimentos projetados para 20 anos (vida útil do projeto), ou seja, 5% ao ano, o investimento realizado pela Catanduva apresenta TIR de 36%, VPL de R\$ 24.939.129,00, Payback simples de quatro anos e Payback descontado de cinco anos.

O investimento da usina Catanduva, ainda que para consumo próprio, é economicamente viável, uma vez que o VPL de R\$ 24.939.129,00 se comportou acima de zero, tornando o projeto aceitável de acordo com a teoria financeira. A conclusão é reforçada pela TIR de 36%, superior ao retorno mínimo de capital esperado, de 15%.

5.1.5. Comentários finais sobre a análise de viabilidade das usinas selecionadas

Este capítulo mostrou que os investimentos feitos pelas usinas estudadas trazem retorno viável, apresentando resultados favoráveis.

Ainda que a Usina Catanduva produza energia apenas para consumo próprio, o investimento é viável. A receita estimada tratada no item 5.1.4 mostra o custo evitado no processo produtivo. A tabela seguinte sumariza os resultados dos investimentos nas quatro usinas.

Tabela 5.4 – Cálculo da TIR, VPL e do Payback por usina

Usina	Capacidade (MWh)	Investimento (Milhões/R\$)	TIR (%)	VPL (Milhões/R\$)	Payback (ano)
Cerradinho	252.000	56,0	35,5	113,0	5
Santa Isabel	224.640	58,5	24,6	50,0	8
Santa Cândida	167.040	25,0	36,9	54,5	5
Catanduva	69.120	12,0	36,0	24,9	5

Fonte: cálculo com base no levantamento próprio das usinas estudadas.

Apesar da variação de 12% em relação à capacidade instalada das usinas Cerradinho e Santa Isabel, essa variação se inverte a favor da segunda em 0,89% nos investimentos, ou seja, a Cerradinho investiu menos e sua capacidade instalada é maior. Com relação à disponibilização de excedente de energia, a Cerradinho tem 43% a mais de energia excedente para venda do que a Usina Santa Isabel e também obteve um preço de venda de excedente 22,5% superior, conforme se vê na tabela 5.5.

Diante disso ficam evidenciados os cálculos de Payback, de cinco anos para a Usina Cerradinho e de oito anos para a Usina Santa Isabel, e também o VPL, de 113 milhões e 50 milhões de reais, respectivamente sintetizados na tabela 5.4.

Tabela 5.5 – Cálculo da receita auferida com a venda de excedente

Usina	Excedentes (MWh)	Preço de venda ²⁰ (R\$/MWh)	Receita Auferida (R\$)
Cerradinho	181.400	147,00	26.671.680,00
Santa Isabel	126.720	120,00	15.206.400,00
Santa Cândida	86.400	132,63	11.459.232,00
Catanduva	57.600	120,00	6.912.000,00

Fonte: estudo de caso

Todas as usinas estudadas apresentam viabilidade econômico-financeira para implantação do projeto, pois os VPLs são positivos e as taxas internas de retorno calculadas são superiores ao custo mínimo de atratividade do capital, assumido em 15%, conforme a tabela 5.4.

O consumo próprio de energia, ainda que não gere receita direta pelo fato de não ser vendida, pode, como visto, agregar valor ao processo produtivo como custo evitado. Este pode ser mensurando através da recuperação desses custos nos processos produtivos.

Fica evidente que o auto-consumo de energia gera custo evitado pela não-compra para abastecer a usina, o que torna o resultado da operação mais positivo no tocante ao fluxo de caixa. Estes custos serão tratados no item 5.2 deste capítulo.

A inserção de projetos dessa natureza no mercado de carbono torna os resultados mais atrativos, uma vez que geram nova fonte de receita através da vendas de créditos adquiridos pela emissão evitada de CO₂. O resultado deste estudo reforça a tese de que a geração de energia elétrica através da utilização de bagaço de cana é um negócio promissor para o setor sucroalcooleiro.

²⁰ Preços praticados em contratos de venda de excedente de energia. Os valores contratuais originaram-se na venda por leilão. A variação encontrada nos preços praticados se deve ao fato de que na época do referido leilão da venda de excedente da usina Cerradinho, existia uma demanda de energia na região, o que elevou o preço de venda no leilão.

5.2. Análise de custos na geração de energia elétrica através da utilização do bagaço de cana-de-açúcar.

5.2.1. Introdução

Como suporte à revisão da literatura já realizada sobre o tema, neste item serão analisados os custos da geração de energia elétrica através do bagaço de cana-de-açúcar, com base nos dados levantados nas quatro usinas estudadas. Conforme visto na revisão feita, considera-se custos quaisquer gastos que estejam, direta ou indiretamente, ligados ao processo produtivo.

5.2.2. Análise Conclusiva

Este trabalho tratou de vários dos componentes de custos para a geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar, tais como a) custo de implantação da usina, b) custo de operação e manutenção, c) custo evitado pelo consumo próprio das usinas geradoras e d) “recuperação de custo”. No capítulo 4 foram levantados os custos de implantação. A tabela seguinte sintetiza a composição dos custos por MWh.

Tabela 5.6 – Custo de implantação das usinas por MWh

Usinas	Investimento (R\$)	Energia Gerada MWh	Custos R\$/MWh
Santa Isabel	118.500.000,00	455.040	260,42
Cerradinho	103.000.000,00	378.000	272,49
Catanduva	12.000.000,00	69.120	173,61
Santa Cândida	25.000.000,00	167.040	149,66

Fonte: Estudo de caso

As usinas Santa Isabel e Cerradinho têm capacidade de geração de aproximadamente 400.000 MWh, e os custos de implantação em R\$/MWh giram em torno de R\$ 260,00. Nas usinas Catanduva e Santa Cândida, cuja capacidade é de aproximadamente 100.000 MWh, os custos de implantação em R\$/MWh são de mais ou menos R\$ 160,00.

Vimos também que, com o passar dos anos, e com o esperado crescimento da demanda, os equipamentos necessários tiveram seus preços elevados, provocando aumento em R\$/MWh.

A evolução tecnológica destes equipamentos contribui para o aumento dos preços, mas também para o aumento da capacidade de geração de energia, o que contribui para a melhoria dos resultados do negócio.

Os custos de operação e manutenção também devem ser considerados para verificação dos resultados do negócio. Eles são normalmente contabilizados como uma parcela de 5% a 10% da receita obtida com a venda da energia excedente. No capítulo 4 foi levantado o custo de O&M de cada usina, conforme a tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Custo com O&M das usinas

Usina	Qde. MWh gerado	Custo O&M R\$/MWh	Custo O&M Total(R\$)
Santa Isabel	455.040	10,50	4.777.920,00
Cerradinho	378.000	25,00	9.450.000,00
Catanduva	69.120	35,70	2.467.584,00
Santa Cândida	167.040	12,00	2.004.480,00
Custo Médio	1.069.200	17,49	18.699.984,00

Fonte: Elaboração própria com base de dados colhida no trabalho de campo.

De acordo com a tabela, o custo médio entre as quatro usinas analisadas, obtido através da divisão do custo total de O&M pela quantidade, é de R\$ 17,49.

Quanto maior a capacidade de geração de energia elétrica, mais otimizado o custo de O&M, obtendo-se assim resultados mais atrativos para os investidores.

A produção de energia para consumo próprio não gera recebível financeiro, mas tende a substituir a energia que seria comprada de terceiros. Desta forma, o custo evitado representa receita nos resultados.

O custo evitado foi calculado com base no preço contratual da energia excedente vendida para a rede multiplicado pela quantidade de MWh de consumo próprio, conforme a tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Custo evitado por usina

Usina	Preço de energia para compra (R\$) ²¹	Consumo ²² MWh	Custo evitado R\$
Santa Isabel	120,00	97.920	11.750.400,00
Cerradinho	147,00	252.000	37.044.000,00
Catanduva	120,00	57.600	6.912.000,00
Santa Cândida	132,63	46.080	6.111.590,40

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados colhida no trabalho de campo.

O custo pode ser considerado como entrada de caixa para a análise de viabilidade econômico-financeira, melhorando os resultados alcançados.

O custo evitado deve ser considerado na elaboração do balanço gerencial para que influencie as decisões dos administradores e investidores.

5.3. Comentários finais ao capítulo 5

Este capítulo analisou e sintetizou os custos de implantação de usinas para geração de energia elétrica através do bagaço de cana-de-açúcar. Os estudos de caso evidenciaram que, nos últimos anos, houve um avanço na tecnologia empregada na implantação das usinas, e também um aumento da demanda pelos equipamentos necessários, conseqüentemente elevando os seus preços e aumentando os custos de implantação de uma usina em R\$/MWh. Esta elevação foi compensada, entretanto, pelo aumento da capacidade de geração de energia por conta da nova tecnologia, trazendo melhores resultados aos negócios do setor sucroalcooleiro.

²¹ Foram considerados os valores contratuais de venda do excedente de energia.

²² O valor em MWh é o resultado de (30 dias no mês x 24h dia x 8 meses da safra por ano x 17 MW usado para consumo-próprio)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs analisar os custos da geração de energia elétrica por meio da utilização do bagaço de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Através da coleta e exame dos dados de quatro usinas selecionadas, investigou-se sua viabilidade econômico-financeira, os custos de implantação, de manutenção e de operação no setor sucroalcooleiro.

No capítulo dois, foi vista a cana-de-açúcar como integrante da matriz energética brasileira. Caracterizou-se, ainda, o setor sucroalcooleiro no Brasil e, especificamente, no estado de São Paulo, explicando-se as etapas do ciclo produtivo da cana e do processo de cogeração de energia. Tratou-se também da autoprodução, da produção independente e da conjuntura energética brasileira, suas definições, classificações e perspectivas de expansão.

O capítulo três ofereceu uma revisão bibliográfica sobre as tecnologias utilizadas na geração de energia a partir da biomassa e uma revisão da análise de viabilidade econômico-financeira da cogeração de energia, além da revisão dos principais componentes de custos na implantação de um sistema de cogeração de energia, cujas conclusões foram:

- com relação ao emprego de tecnologia, o ciclo *topping* (superior) a vapor, em contrapressão, é a tecnologia tradicional consagrada no setor sucroalcooleiro brasileiro como tecnologia de cogeração;
- em relação à análise econômico-financeira, os principais métodos de avaliação em investimentos de geração de energia elétrica a partir da utilização do bagaço de cana-de-açúcar são a TIR, o VPL e o *Payback*;
- quanto à análise dos custos, evidenciou-se que os principais componentes de custos de projetos dessa natureza são os de implantação da usina e os de operação e manutenção (O&M).

No capítulo quatro, dedicado ao estudo de caso das quatro usinas selecionadas (Cerradinho, Santa Isabel, Santa Cândida e Catanduva), todas foram analisadas em sua evolução histórica, sua capacidade produtiva, seu desenvolvimento tecnológico e sua

evolução na geração de energia elétrica em MWh. Buscou-se identificar que parcela em MWh corresponde ao consumo próprio e que parcela é excedente para venda. Foi identificado, ainda, o custo de implantação da usina (investimento) e o custo com operação e manutenção.

Situação relevante levantada no estudo de caso é que a geração de energia para consumo próprio evita o custo de compra de energia para o funcionamento da usina, o que se caracteriza como custo evitado. Este fato pode ser objeto de estudo ou investigação futura por pesquisadores do setor que tenham interesse em aprofundar o assunto.

No capítulo cinco foram feitas análises de viabilidade econômico-financeira e tendências de custos das quatro usinas, incluindo-se o detalhamento de fluxo de caixa livre de acordo com a teoria clássica de finanças para medir a viabilidade desse tipo de projeto através do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Período de *Payback*. Foram apresentados, também, os principais componentes de custos levantados nas quatro usinas: custos de implantação das usinas (investimento) e custos com sua operação e manutenção (O&M).

O investimento mostrou-se viável, já que os números encontrados são positivos, do ponto de vista econômico, e promissores, do ponto de vista financeiro, pois os VPL encontrados são superiores a zero, e as TIRs são maiores que o custo de capital admitido, de 15%, apresentando ainda um *Payback* aceitável do ponto de vista de retorno de investimentos já que a recuperação do investimento se dá no máximo em oito anos, conforme a tabela 6.1 a seguir.

Tabela 6.1 – Cálculo da TIR, VPL e do Payback

Usinas	Capacidade (MWh)	TIR (%)	VPL (Milhões/R\$)	Payback (ano)
Cerradinho	252.000	35,5	113	5
Santa Isabel	224.640	24,6	50	8
Santa Cândida	167.040	36,9	54,5	5
Catanduva	69.120	36	24,9	5

Fonte: estudo de caso.

Em relação aos custos,²³ o estudo mostrou que, com o passar dos anos, com o aumento da demanda e com a evolução tecnológica, os preços dos equipamentos tendem a aumentar, provocando aumento no custo de implantação da usina em R\$/MWh. O aumento específico em função do desenvolvimento tecnológico, no entanto, é compensado pelo aumento da eficiência da capacidade instalada e, conseqüentemente, leva ao aumento da capacidade produtiva, melhorando o resultado operacional da usina. Deste modo, foi possível investigar como se comportavam os custos e atestar a viabilidade da implantação do sistema de cogeração de energia elétrica através do bagaço de cana-de-açúcar.

Podemos concluir que este empreendimento é viável dos pontos de vista econômico e financeiro, conforme análise apresentada no capítulo cinco. Os custos de implantação mantêm uma variação em R\$/MWh, provocada pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aumento da demanda. Já o custo com operação e manutenção (O&M) tem se conservado numa média aceitável pelo setor sucroalcooleiro.

O estudo mostrou ainda que, se trabalharmos com a inserção do custo evitado, uma vez que a usina não compra energia elétrica da rede para toda a sua estrutura, serão reduzidos ainda mais os custos de produção dos seus produtos (açúcar, álcool e energia elétrica), melhorando o resultado operacional em toda a cadeia. Numa análise de sensibilidade, podemos dar um tratamento também à recuperação de custos com o bagaço da cana, uma vez que ele é usado como matéria-prima (a custo zero) na produção de energia elétrica, o que poderia agregar valor a essa matéria-prima e recuperar esse custo nos produtos açúcar e álcool.

Com isso, este trabalho mostra que a energia elétrica gerada através do bagaço de cana-de-açúcar tornou-se, nos últimos anos, um terceiro produto do setor sucroalcooleiro, tornando atrativos os investimentos neste segmento e proporcionando resultados positivos aos investidores.

É importante acrescentar que este trabalho, em momento algum, teve a pretensão de ser exaustivo e abranger todos os aspectos relativos à cogeração no setor sucroalcooleiro. Por fim, espera-se que os resultados aqui apresentados contribuam para que os investidores

²³ O valor em MWh é o resultado de (30 dias no mês x 24h dia x 8 meses da safra por ano x 17 MW usado para consumo-próprio)

reconheçam a geração de energia elétrica através do bagaço de cana-de-açúcar como um negócio promissor para o setor sucroalcooleiro.

A título de motivação e estímulo a outros pesquisadores que se mostrem dispostos a novas investigações sobre o tema, pelos menos três aspectos interessantes podem ser antecipados: identificar os impactos causados no preço final da cana-de-açúcar e seus derivados pela recuperação do custo proveniente do bagaço de cana-de-açúcar; identificar os impactos causados no preço final dos produtos álcool e açúcar através do custo evitado pela auto-suficiência em energia elétrica; e identificar a rentabilidade proporcionada pela receita proveniente da venda de créditos de carbonos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. D. Projeto pretende tirar álcool do bagaço. **Jornal Gazeta Mercantil**, São Paulo, p.12, 09 fev.2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Usinas UTE em operação no Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicações/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em 04 maio 2008.

ANDRADE & CANELLAS CONSULTORIA E ENGERENHARIA **Geração de eletricidade a partir de biomassa e biogás**. São Paulo, 2007, 58p. Documento preparado para Comissão Especial de Bioenergia do Governo do Estado de São Paulo. Relatório nº. A&C-R-0030/07. São Paulo, 2007.

BORTONI, E. C. e MARTINS, A. R. S., Interligação de Autoprodutores e produtores de Energia ao Sistema Elétrico.. Treinamento promovido pelo IBC Training, do grupo IBC Brasil, São Paulo, Maio de 2002. Mimeografado.

BRIGHENTI, Cláudia Rodrigues Faria. **Integração do cogador de energia do setor sucroalcooleiro com o sistema elétrico**. São Paulo, 2003. 169p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2006. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 10 set.2008.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2007 Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 10 set.2008.

CAMARGO, C. A. (coord.). **Manual de Recomendações: Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e Álcool**, São Paulo: IPT, 1990.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. **Proposta Projeto Gaseifamaz**
São Paulo: FINEP, dez. 2001.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. **Projeto Expansão de Cana no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Meio ambiente, 2006.

COELHO, Suani Teixeira. **Avaliação da Cogeração de Eletricidade a partir de Cana-de-Açúcar em Sistema de Gaseificação e Turbina a Gás**. 1992.148p. Dissertação (Mestrado em Energia)- Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

COELHO, Suani Teixeira. **Mecanismos para implementação da Cogeração de Eletricidade a partir de Biomassa – um modelo para o Estado de São Paulo**. São Paulo, 1999. 278p. Tese (Doutorado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

COELHO, S.T.; GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. & GUARDABASSI, P.M. . Brazilian sugarcane ethanol: Lessons learned. In: STAP Workshop on Liquid Biofuels., 2005,. Delhi, . p.1-43.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2002a). Lei Estadual nº 11.241. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/leis/2002_Lei_Est_11241.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras** : Cana: 2007/08: Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>. Acesso em 12 jan.2009.

CUNHA, M. P. **Inserção do setor sucroalcooleiro na matriz energética do Brasil: uma análise de insumo - produto**. 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) -

Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA **Plano decenal de expansão de energia elétrica 2008/2017**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/20081223_5.pdf>. Acesso em 11 mar. 2009.

GITMAN, LAWRENCE J. **Administração financeira** : uma abordagem Gerencial. São Paulo:Pearson, 2003.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. & NIGRO, E. B. F. **Bioenergia no Estado de São Paulo**: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008.

GOLDEMBERG, José. **Aquecimento Global: a Terra corre perigo?**. Cátedra Memorial da América Latina. São Paulo: Memorial da América Latina, 2007. Aula Inaugural do Módulo Meio Ambiente 13 ago. 2007.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. & GUARDABASSI, P. M. (2008). The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v.36, p.2086-2097, 2008.

GOLDEMBERG, J.; DONDERO, J. D. **Energia Meio ambiente & Desenvolvimento**. 2.ed. São Paulo: Edusp, 2003.

GUARDABASSI, Patrícia Maria. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectivas para países em desenvolvimento**. São Paulo, 2006. 126p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

HIGA, Márcio. **Cogeração e Integração Térmica em Usinas de Açúcar e Álcool**. Campinas, 2007. 153p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

HORTA NOGUEIRA, L. A. **Análise da Utilização de Energia na Produção de Álcool de Cana-de-Açúcar**. Campinas, 1987.164p.Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Co-geradores querem setor regulado**. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Prêmios**: menção IPT 2002 de Inovação em Ciência / Tecnologia. IPT / São Paulo. Disponível em: <<http://www.ipt.br/institucional/premios/mencao/2002>>. Acesso em 30 abr.2008.

IUDICÍBUS, Sergio de. **Análise de Balanços**: análise da Liquidez e do endividamento; análise do Giro; rentabilidade e alavancagem financeira. São Paulo: Atlas, 1998

IZIDORO, C. **Análise Econômico-Financeira de Projetos**. Disponível em <<http://www.duplipensar.net/artigos/2008-texto/analise-economico-financeira-de-projetos.html>>. Acesso em: 08 mar. 2008.

JANK, M.S. A velha cana-de-açúcar. **Revista Opiniões**. Ribeirão Preto: Editora WDS, p.12-16, out-dez. 2007.

JANNUZZI, G. M. **Planejando a crise energética**:newsletter ambiente Brasil. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/energia/index.html&conteudo=/energia/click/planejamento.html>>. Acesso em: 28 maio 2008.

LEAL, M.R.L.V. Cogeração como opção tecnológica eficiente e complementar. In: FÓRUM PERMANENTE DE ENERGIA E AMBIENTE: universalização do atendimento de energia elétrica e geração distribuída. Campinas: UNICAMP, 2002.

LEITE G.F. Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na usina Monte Alegre. **Revista Universitária de Alfenas**, . Alfenas, n.5, p.189-191, 1999. Disponível em:
<http://unifenas/pesquisa/revistas/download/ArtigosRev2_99/pag189-191.pdf> Acesso em: 20 dez.1999.

LEME, R.M. Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado). Departamento de Energia – Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LORA, B. A.; MONTEIRO, M. B.; ASSUNÇÃO, V. & FRIGERIO R. **Levantamento georreferenciado da expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. São Paulo: CENBIO/IEE-USP, 2006.**

LUCON, O. **Aspectos ambientais da cadeia do etanol de cana-de-açúcar.** São Paulo, 2008, 23p. Termo de Referência para o Workshop do Programa de Pesquisa em Políticas Públicas – FAPESP. São Paulo, 2008.

MACEDO, I. C. A Tecnologia para o Setor Sucroalcooleiro: Situação Atual e Perspectivas, In: FERNANDES, E. S. L., COELHO, S. T. (coord.) **Perspectivas do álcool combustível no Brasil.** São Paulo: IEE/USP, 1996, p. 57-64.

MACEDO, I. C. **O Ciclo da Cana-de-Açúcar e reduções adicionais nas emissões de CO₂ através do uso como combustível da palha da Cana.** Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 2000.

MACEDO, I. C. Energia da cana-de-açúcar no Brasil. In: SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL: os próximos vinte anos, 2002, Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2002.

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. **Balanco das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2004.

MANZONO, R. P.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMES, J. D. F. et al., Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.29, n. 4, p.1106-1204, jul./ago. 2000. ISSN 1516-3598.

MARTINS, E. Contabilidade de custos. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO . - MAPA. **Cana de Açúcar**, 2008. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 14 jul.2008.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Gente do Brasil**, 2005. Disponível em: <<http://gentedobrasil.org/gvvp/BCODADOS.htm>>. Acesso em 02 maio 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **O Novo modelo do setor elétrico**, 2003. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 03maio 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. PROINFA. **Caminho limpo para o desenvolvimento**. Brasília, 2004. Disponível em: www.mme.gov.br/programas_display.do?prg=5>. Acesso em 06 maio 2008.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balanco Energético Nacional 2007**: ano base 2006. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

_____. **Balanco Energético Nacional 2006**: ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

MODA, E. M. **Produção de Pleurotus sajor caju em bagaço de cana-de-açúcar lavado e o uso de aditivos visando sua conservação in natura**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, 2003.

NAGAOKA, M. P. T. A comercialização da energia elétrica cogerada pelo setor sucroalcooleiro em regiões do estado de São Paulo. 2002. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

NASTARI, P. (2006). **Cana avança sobre pastagens no Centro-Sul**. Disponível em <<http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3086>>. Acesso em: 10. out. 2008

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – NOS. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/home/index.aspx> > Acesso em 12 nov. 2008.

PALETTA, Carlos Eduardo Machado **As implicações dos aspectos legais, econômicos e financeiros na implementação de projetos de geração de energia a partir de biomassa no Brasil : um estudo de viabilidade**. 2004. 216p. Dissertação (Mestrado em energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, São Paulo, 2004.

PARENTE, Virginia. O Bom e o ruim do Plano Decenal 2007- 2016 . **Brasil Energia**, n.321, p.81-82, ago. 2007.

PESSINE, R. T. **Normas e regulamentos básicos sobre produtor independente de energia elétrica**. Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em <www.energia.usp.br/documentos/RobertoTeixeiraPessine21-09-2007.ppt>. Acesso em: 25 abr. 2008.

RABELO, M. M. A. **Efeitos de fontes e níveis de fibra íntegra, em dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado sob pressão e vapor, sobre a digestibilidade, desempenho e**

comportamento ingestivo de bovinos de corte. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. da Universidade de São Paulo, 2002.

RIPOLLI, M. L. C. **Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e do seu potencial energético.** 2002. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

RIPOLLI, T. C. C.; MOLINA W. F.; RIPOLLI, M. L. C. O Bagaço e o palhiço na produção de eletricidade. In **Memória do workshop sobre mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999 - ISSN 1516-4691.

RIPOLLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. da Universidade de São Paulo, 2004. ISBN 85-904440-5.

RIPOLLI, T. C. C. E a mão-de-obra. **Revista Idea News**, Ribeirão Preto, n.59, , set 2005.

SANCHES, C.S. **Mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Kyoto:** há perspectivas para o setor sucroalcooleiro paulista?. 300f. Tese (Doutorado) – Escola de Administração Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2003.

SHANK, J. K.; GOVINDARAJAN, V. **A revolução dos custos:** como reinventar e redefinir sua estratégia de custos para vencer em mercados crescentes competitivos. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SOUZA, O. **Bagaço de cana-de-açúcar para ruminantes.** Aracaju: Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros, 2002.

SOUZA, Z. J. **Evolução e considerações sobre a co-geração de energia no setor sucroalcooleiro**: agroindústria canavieira no Brasil. São Paulo: Atlas, p. 214-240, 2002. ISBN 8522432538.

SOUZA, Z. J. **Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro**: entraves estruturais e custos de transação. 2003. 278. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SUASSUNA, J. **Bagaço de cana: alimento animal versus produção de energia elétrica**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002.

TOLMASQUIM, M. T. A energia renovável: em especial a cana no balanço energético brasileiro. **Revista Opiniões**, abr./jun. 2007. Ribeirão Preto : WDS , 2007.

TORQUATO, S. A. **Cana-de-açúcar Para Indústria: o quanto vai precisar crescer**. Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo. IEA. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=7448>>. Acesso em: 15 jan. 2007

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR . **Ranking de produção de cana, açúcar e álcool**: região centro-sul: safra 2007/2008. São Paulo, 2008a. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br/files/estatisticas/>> acesso em 02/maio/2008.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Cana-de-açúcar**: o novo paradigma da energia limpa e renovável. São Paulo, 2008b. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/index.php>, 2008>. Discurso de marcos Sawaya Jank realizado no evento da Unica de abertura da Sugar Week 2007.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Açúcar e álcool do Brasil**: commodities da energia e do meio ambiente, São Paulo, 2004.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Potencial de cogeração com resíduos da cana-de-açúcar: sua compatibilidade com o modelo atual.** São Paulo, 2002.

VELÁZQUEZ, S. G. A Cogeração de Energia No Segmento de Papel e Celulose: Contribuição à Matriz Energética Brasileira. (Dissertação de Mestrado) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

VELÁZQUEZ, S. G. Perspectivas para geração de excedente de energia elétrica no Segmento de Papel e Celulose com a utilização de sistemas de gaseificação/turbina a gás. (Tese de Doutorado) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

VIEIRA, F. S.; GOMES, A. V. C.; PESSOA, M. F. Efeito da granulometria do bagaço de cana sobre as características digestivas e a contribuição nutritiva dos cecotrofos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 4, p. 935-941. jul./ago. 2003. ISSN 1516-3598.

YIN, R. K **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Tradução Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WALTER, A.C.S. Metodologias de avaliação e instrumentos para a viabilização de potencial de produção de energia elétrica com resíduos da cana-de-açúcar. [S.l.: s.n]. Relatório final etapa II do Convênio CPFL-UNICAMP/FUNCAMP Período coberto pelo relatório – janeiro a junho de 2003.

WALTER, A. C.S. Viabilidade e Perspectivas da Cogeração e da Geração Termoelétrica junto ao Setor Sucroalcooleiro. (Tese de Doutorado) UNICAMP, Campinas, 1994.

WERNKE, R. Gestão custos: uma abordagem prática. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

ANEXOS

- ANEXO A** Questionário
- ANEXO B** Fluxo de Caixa Livre – Usina Santa Isabel
- ANEXO C** Fluxo de Caixa Livre – Usina Cerradinho
- ANEXO D** Fluxo de Caixa Livre – Usina Santa Cândida
- ANEXO E** Fluxo de Caixa Livre – Usina Catanduva
- ANEXO F** Carta de Apresentação

ANEXO A

QUESTIONÁRIO

Empresa: _____

Endereço: _____

Cidade: _____

Estado: _____

Contato: _____

Fone: _____

E-mail: _____

Atividades: Principal
 Secundária

Perguntas:

1. Qual a quantidade de cana moída?

cana moída (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

2. Qual a quantidade de cana usada para fabricação de açúcar?

Fabricação de açúcar (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

3. Qual a quantidade de cana usada para fabricação de álcool?

Fabricação de álcool (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

4. Qual a produção de açúcar?

Produção de açúcar (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

5. Qual a produção de álcool?

Produção de álcool (l)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

6. Qual a quantidade de bagaço de cana gerado?

Quantidade de bagaço de cana gerado (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

7. Qual a quantidade de dias por safra?

Quantidade de dias de safra (d)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

8. Quantas horas por dia são trabalhadas na safra?

Horas trabalhadas por dia em cada safra (h/d)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

9. Qual a quantidade de bagaço de cana consumida por ano para gerar energia?

Quantidade de bagaço de cana consumida (t)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

10. Qual a capacidade instalada na usina?

Qual a capacidade instalada (MW)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

11. Qual o consumo próprio de energia elétrica da usina?

Consumo próprio (MWh)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

12. Qual o preço praticado da energia pela concessionária local?

Preço da energia consumida (R\$/MWh)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

13. A que preço a energia excedente é vendida para a rede?

Preço da energia excedente para rede (R\$/MWh)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

14. Qual é o custo anual de manutenção e operação da usina?

Custo de O & M da usina (R\$) ou (R\$/MWh)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

15. O que compõe esse custo?

- a. Mão-de-obra
- b. Manutenção e operação

16. Descrição da Usina instalada.

Itens	Qde.	Descritivo	Custo
		Transformador de 15 MVA	
		Gerador 15.000 kVA	
		Gerador 26.700 kVA	
		Caldeiras de 21 ou 45 bar com 450°C	
		Sistema de transporte do bagaço	
		Tratamento de água	
		Outras instalações	

17. Qual o investimento feito para a geração de energia elétrica?

Investimentos realizados para geração de energia elétrica (R\$) ou (R\$/MWh)				
2004	2005	2006	2007	2008 - Previsto

18. Qual a porcentagem da colheita manual e mecanizada?

R.: % mecanizada e % manual

19. Qual a porcentagem de matéria prima (cana-de-açúcar) própria e terceirizada?

R.: % crua e % queimada

20. Qual a porcentagem do transporte próprio e terceirizado?

R.: % própria e % fornecedores.

21. Qual a vigência do contrato de venda do excedente de energia gerada e com qual operadora é esse contrato?

R.:

22. Em que ano foi implantada a usina de geração de energia?

R.:

23. Como a usina vê a queima do palhiço (somente)?

R.:

24. Qual é o PC poder calorífico do bagaço queimado?

25. Qual é o PC poder calorífico do palhiço?

ANEXO B – FLUXO DE CAIXA LIVRE - USINA SANTA ISABEL

	0	1	2	3	4	5	6
Receita Líquida de Venda de Energia		15.206.400	16.698.148	18.336.236	20.135.021	22.110.266	24.279.284
O & M		1.330.560	1.461.088	1.604.421	1.761.814	1.934.648	2.124.437
EBITDA		13.875.840	15.237.060	16.731.815	18.373.207	20.175.618	22.154.846
Depreciação		2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000
Lucro Antes do IR/CS		10.950.840	12.312.060	13.806.815	15.448.207	17.250.618	19.229.846
IR/CSSL (34%)		3.723.286	4.186.100	4.694.317	5.252.390	5.865.210	6.538.148
Lucro Líquido		7.227.554	8.125.960	9.112.498	10.195.816	11.385.408	12.691.699
Depreciação		2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000
Investimento-Ativo Fixo	(58.500.000)						
Varição do Capital de Giro Líquido		(1.268.446)	(116.305)	(127.714)	(140.243)	(154.001)	(1.975.816)
Fluxo de Caixa Livre	(58.500.000)	8.884.108	10.934.655	11.909.784	12.980.574	14.156.407	13.640.882
Custo de Capital (WACC)	15,0%						
PAYBACK (anos)	5						
PAYBACK DESCONTADO (anos)	8						
VPL	50.002.856						
TIR	24,6%						
RECEITA LÍQUIDA	Aumento (IGPm)						
MWh (R\$ 120,00) Líquido de Impostos	9,81%	120,00	131,77	144,70	158,89	174,48	191,60
Energia Gerada em MWh		126.720	126.720	126.720	126.720	126.720	126.720
Receita Total		15.206.400	16.698.148	18.336.236	20.135.021	22.110.266	24.279.284

	0	1	2	3	4	5
O & M	Aumento (IGPm)					
Custo de O & M (R\$ 10,50 por mWh)	9,81%	10,50	11,53	12,66	13,90	15,27
Custo de O & M		1.330.560	1.461.088	1.604.421	1.761.814	1.934.648
INVESTIMENTO						
ATIVO FIXO						
Equipamentos	58.500.000					
Depreciação Linear vinte anos	20					
Depreciação		2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000	2.925.000
	FC	Simplex	FC	Descontado		
PAYBACK	(58.500.000)	(58.500.000)	(58.500.000)	(58.500.000)		
Ano 1	8.884.108	(49.615.892)	7.725.311	(50.774.689)		
Ano 2	10.934.655	(38.681.237)	8.268.170	(42.506.518)		
Ano 3	11.909.784	(26.771.453)	7.830.876	(34.675.642)		
Ano 4	12.980.574	(13.790.879)	7.421.685	(27.253.957)		
Ano 5	14.156.407	365.528	7.038.236	(20.215.720)		
Ano 6	13.640.882	14.006.411	5.897.330	(14.318.391)		
Ano 7	16.865.439	30.871.850	6.340.343	(7.978.047)		
Ano 8	18.422.378	49.294.227	6.022.308	(1.955.739)		
Ano 9	20.132.053	69.426.280	5.722.786	3.767.046		
Ano 10	22.009.447	91.435.726	5.440.399	9.207.445		
Ano 11	21.235.781	112.671.508	4.564.487	13.771.932		
Ano 12	26.334.819	139.006.327	4.922.166	18.694.098		

Ano 13	28.820.704	167.827.030	4.684.170	23.378.268		
Ano 14	31.550.455	199.377.485	4.458.983	27.837.252		
Ano 15	34.547.994	233.925.479	4.245.758	32.083.010		
Ano 16	33.362.169	267.287.648	3.565.241	35.648.250		
Ano 17	41.454.095	308.741.743	3.852.159	39.500.409		
Ano 18	45.423.181	354.164.924	3.670.426	43.170.834		
Ano 19	49.781.635	403.946.559	3.497.923	46.668.757		
Ano 20	54.567.653	458.514.211	3.334.099	50.002.856		
	Meses	12		4		
	Payback de 5 anos		Payback de 8 anos e 4 mês			
	0	1	2	3	4	5
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO	dias					
	40					
VENDAS		15.206.400	16.698.148	18.336.236	20.135.021	22.110.266
CONTAS A RECEBER		1.689.600	1.855.350	2.037.360	2.237.225	2.456.696
SALDO		1.689.600	165.750	182.010	199.865	219.472
	30					
CUSTO + DESPESAS		5.053.846	5.647.188	6.298.738	7.014.205	7.799.858
CONTAS A PAGAR		421.154	470.599	524.895	584.517	649.988
SALDO		421.154	49.445	54.296	59.622	65.471
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO		-1.268.446	-116.305	-127.714	-140.243	-154.001

ANEXO C – FLUXO DE CAIXA LIVRE - USINA CERRADINHO

	0	1	2	3	4	5	6
Receita Líquida de Venda de Energia		26.671.680	29.288.172	32.161.341	35.316.369	38.780.905	42.585.312
O & M		4.536.000	4.980.982	5.469.616	6.006.185	6.595.392	7.242.400
EBITDA		22.135.680	24.307.190	26.691.726	29.310.184	32.185.513	35.342.912
Depreciação		2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000
Lucro Antes do IR/CS		19.335.680	21.507.190	23.891.726	26.510.184	29.385.513	32.542.912
IR/CSSL (34%)		6.574.131	7.312.445	8.123.187	9.013.463	9.991.074	11.064.590
Lucro Líquido		12.761.549	14.194.746	15.768.539	17.496.721	19.394.439	21.478.322
Depreciação		2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000
Investimento-Ativo Fixo	(56.000.000)						
Variação do Capital de Giro Líquido		(2.037.676)	(192.113)	(210.960)	(231.655)	(254.380)	(3.206.119)
Fluxo de Caixa Livre	(56.000.000)	13.523.873	16.802.632	18.357.579	20.065.066	21.940.058	21.072.203
Custo de Capital (WACC)	15,0%						
PAYBACK (anos)	4						
PAYBACK DESCONTADO (anos)	5						
VPL	112.980.642						
TIR	35,5%						
RECEITA LÍQUIDA	Aumento (IGPm)						
MWh (R\$ 147,00) Líquido de Impostos	9,81%	147,00	161,42	177,26	194,64	213,74	234,71
Energia Gerada em MWh		181.440	181.440	181.440	181.440	181.440	181.440
Receita Total		26.671.680	29.288.172	32.161.341	35.316.369	38.780.905	42.585.312

	7	8	9	10	11	12	13
Receita Líquida de Venda de Energia	46.762.931	51.350.374	56.387.846	61.919.494	67.993.796	74.663.987	81.988.524
O & M	7.952.879	8.733.057	9.589.770	10.530.526	11.563.571	12.697.957	13.943.627
EBITDA	38.810.051	42.617.317	46.798.076	51.388.967	56.430.225	61.966.030	68.044.898
Depreciação	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000
Lucro Antes do IR/CS	36.010.051	39.817.317	43.998.076	48.588.967	53.630.225	59.166.030	65.244.898
IR/CSSL (34%)	12.243.417	13.537.888	14.959.346	16.520.249	18.234.277	20.116.450	22.183.265
Lucro Líquido	23.766.634	26.279.429	29.038.730	32.068.719	35.395.949	39.049.580	43.061.633
Depreciação	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000
Investimento-Ativo Fixo							
Variação do Capital de Giro Líquido	(306.738)	(336.829)	(369.872)	(406.156)	(5.071.712)	(489.752)	(537.797)
Fluxo de Caixa Livre	26.259.896	28.742.601	31.468.859	34.462.563	33.124.236	41.359.828	45.323.835
RECEITA LÍQUIDA							
MWh (R\$ 147,00) Líquido de Impostos	257,73	283,02	310,78	341,27	374,75	411,51	451,88
Energia Gerada em MWh	181.440	181.440	181.440	181.440	181.440	181.440	181.440
Receita Total	46.762.931	51.350.374	56.387.846	61.919.494	67.993.796	74.663.987	81.988.524

	0	1	2	3	4	5
O & M	Aumento (IGPm)					
Custo de O & M (R\$ 25,00 por mWh)	9,81%	25,00	27,45	30,15	33,10	36,35
Custo de O & M		4.536.000	4.980.982	5.469.616	6.006.185	6.595.392
INVESTIMENTO						
ATIVO FIXO						
Equipamentos	56.000.000					
Depreciação Linear vinte anos	20					
Depreciação		2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000	2.800.000
	FC	Simples	FC	Descontado		
PAYBACK	(56.000.000)	(56.000.000)	(56.000.000)	(56.000.000)		
Ano 1	13.523.873	(42.476.127)	11.759.890	(44.240.110)		
Ano 2	16.802.632	(25.673.495)	12.705.204	(31.534.906)		
Ano 3	18.357.579	(7.315.916)	12.070.406	(19.464.500)		
Ano 4	20.065.066	12.749.151	11.472.267	(7.992.233)		
Ano 5	21.940.058	34.689.209	10.908.087	2.915.853		
Ano 6	21.072.203	55.761.412	9.110.095	12.025.948		
Ano 7	26.259.896	82.021.308	9.872.068	21.898.016		
Ano 8	28.742.601	110.763.909	9.396.007	31.294.023		
Ano 9	31.468.859	142.232.768	8.945.414	40.239.437		
Ano 10	34.462.563	176.695.331	8.518.618	48.758.055		
Ano 11	33.124.236	209.819.567	7.119.830	55.877.885		
Ano 12	41.359.828	251.179.395	7.730.448	63.608.333		

Ano 13	45.323.835	296.503.230	7.366.390	70.974.723		
Ano 14	49.676.713	346.179.943	7.020.743	77.995.466		
Ano 15	54.456.607	400.636.549	6.692.417	84.687.883		
Ano 16	52.367.104	453.003.653	5.596.198	90.284.081		
Ano 17	65.469.118	518.472.771	6.083.776	96.367.857		
Ano 18	71.798.247	590.271.019	5.801.666	102.169.523		
Ano 19	78.748.264	669.019.283	5.533.272	107.702.795		
Ano 20	86.380.078	755.399.361	5.277.847	112.980.642		
	Meses	4		9		
	Payback de 3 anos e 4 meses		Payback de 4 anos e 9 mês			
	0	1	2	3	4	5
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO	dias					
	40					
VENDAS		26.671.680	29.288.172	32.161.341	35.316.369	38.780.905
CONTAS A RECEBER		2.963.520	3.254.241	3.573.482	3.924.041	4.308.989
SALDO		2.963.520	290.721	319.241	350.559	384.948
	30					
CUSTO + DESPESAS		11.110.131	12.293.426	13.592.803	15.019.648	16.586.466
CONTAS A PAGAR		925.844	1.024.452	1.132.734	1.251.637	1.382.206
SALDO		925.844	98.608	108.281	118.904	130.568
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO		-2.037.676	-192.113	-210.960	-231.655	-254.380

ANEXO D – FLUXO DE CAIXA LIVRE - USINA SANTA CÂNDIDA

	0	1	2	3	4	5	6
Receita Líquida de Venda de Energia		11.459.232	12.583.383	13.817.812	15.173.340	16.661.845	18.296.371
O & M		1.036.800	1.138.510	1.250.198	1.372.842	1.507.518	1.655.406
EBITDA		10.422.432	11.444.873	12.567.615	13.800.498	15.154.326	16.640.966
Depreciação		1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Lucro Antes do IR/CS		9.172.432	10.194.873	11.317.615	12.550.498	13.904.326	15.390.966
IR/CSSL (34%)		3.118.627	3.466.257	3.847.989	4.267.169	4.727.471	5.232.928
Lucro Líquido		6.053.805	6.728.616	7.469.626	8.283.328	9.176.855	10.158.037
Depreciação		1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Investimento-Ativo Fixo	(25.000.000)						
Varição do Capital de Giro Líquido		(926.962)	(87.461)	(96.041)	(105.462)	(115.808)	(1.458.902)
Fluxo de Caixa Livre	(25.000.000)	6.376.843	7.891.155	8.623.585	9.427.866	10.311.047	9.949.135
Custo de Capital (WACC)	15,0%						
PAYBACK (anos)	4						
PAYBACK DESCONTADO (anos)	5						
VPL	54.523.397						
TIR	36,9%						
RECEITA LÍQUIDA	Aumento (IGPm)						
MWh (R\$ 132,63) Líquido de Impostos	9,81%	132,63	145,64	159,93	175,62	192,85	211,76
Energia Gerada em MWh		86.400	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400
Receita Total		11.459.232	12.583.383	13.817.812	15.173.340	16.661.845	18.296.371

	0	1	2	3	4	5
O & M	Aumento (IGPm)					
Custo de O & M (R\$ 12,00 por mWh)	9,81%	12,00	13,18	14,47	15,89	17,45
Custo de O & M		1.036.800	1.138.510	1.250.198	1.372.842	1.507.518
INVESTIMENTO						
ATIVO FIXO						
Equipamentos	25.000.000,00					
Depreciação Linear vinte anos	20					
Depreciação		1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
	FC	Simplex	FC	Descontado		
PAYBACK	(25.000.000)	(25.000.000)	(25.000.000)	(25.000.000)		
Ano 1	6.376.843	(18.623.157)	5.545.081	(19.454.919)		
Ano 2	7.891.155	(10.732.002)	5.966.847	(13.488.072)		
Ano 3	8.623.585	(2.108.417)	5.670.147	(7.817.925)		
Ano 4	9.427.866	7.319.449	5.390.413	(2.427.512)		
Ano 5	10.311.047	17.630.497	5.126.413	2.698.901		
Ano 6	9.949.135	27.579.632	4.301.286	7.000.187		
Ano 7	12.345.829	39.925.461	4.641.255	11.641.441		
Ano 8	13.515.263	53.440.724	4.418.163	16.059.605		
Ano 9	14.799.418	68.240.142	4.206.918	20.266.523		
Ano 10	16.209.548	84.449.690	4.006.752	24.273.275		
Ano 11	15.652.832	100.102.522	3.364.470	27.637.745		
Ano 12	19.458.381	119.560.903	3.636.910	31.274.656		

Ano 13	21.325.555	140.886.458	3.465.999	34.740.655		
Ano 14	23.375.900	164.262.358	3.303.685	38.044.339		
Ano 15	25.627.383	189.889.741	3.149.464	41.193.803		
Ano 16	24.759.635	214.649.375	2.645.933	43.839.736		
Ano 17	30.814.628	245.464.004	2.863.477	46.703.213		
Ano 18	33.795.851	279.259.855	2.730.878	49.434.090		
Ano 19	37.069.531	316.329.386	2.604.703	52.038.793		
Ano 20	40.664.360	356.993.746	2.484.604	54.523.397		
	Meses	3		6		
	Payback de 3 anos e 3 meses		Payback de 4 anos e 6 mês			
	0	1	2	3	4	5
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO	dias					
	40					
VENDAS		11.459.232	12.583.383	13.817.812	15.173.340	16.661.845
CONTAS A RECEBER		1.273.248	1.398.154	1.535.312	1.685.927	1.851.316
SALDO		1.273.248	124.906	137.159	150.614	165.389
	30					
CUSTO + DESPESAS		4.155.427	4.604.767	5.098.187	5.640.012	6.234.989
CONTAS A PAGAR		346.286	383.731	424.849	470.001	519.582
SALDO		346.286	37.445	41.118	45.152	49.581
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO		-926.962	-87.461	-96.041	-105.462	-115.808

ANEXO E – FLUXO DE CAIXA LIVRE - USINA CATANDUVA

	0	1	2	3	4	5	6
Receita Líquida de Venda de Energia		6.912.000	7.590.067	8.334.653	9.152.282	10.050.121	11.036.038
O & M		2.056.320	2.258.045	2.479.559	2.722.804	2.989.911	3.283.221
EBITDA		4.855.680	5.332.022	5.855.094	6.429.478	7.060.210	7.752.817
Depreciação		600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
Lucro Antes do IR/CS		4.255.680	4.732.022	5.255.094	5.829.478	6.460.210	7.152.817
IR/CSSL (34%)		1.446.931	1.608.888	1.786.732	1.982.023	2.196.471	2.431.958
Lucro Líquido		2.808.749	3.123.135	3.468.362	3.847.456	4.263.739	4.720.859
Depreciação		600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
Investimento-Ativo Fixo	(12.000.000)						
Variação do Capital de Giro Líquido		(476.062)	(45.034)	(49.452)	(54.303)	(59.630)	(749.962)
Fluxo de Caixa Livre	(12.000.000)	2.932.686	3.678.101	4.018.910	4.393.153	4.804.108	4.570.897
Custo de Capital (WACC)	15,0%						
PAYBACK (anos)	4						
PAYBACK DESCONTADO (anos)	5						
VPL	24.939.129						
TIR	36,0%						
RECEITA LÍQUIDA	Aumento (IGPm)						
MWh (R\$ 120,00) Líquido de Impostos	9,81%	120,00	131,77	144,70	158,89	174,48	191,60
Energia Gerada em MWh		57.600	57.600	57.600	57.600	57.600	57.600
Receita Total		6.912.000	7.590.067	8.334.653	9.152.282	10.050.121	11.036.038

	0	1	2	3	4	5
O & M	Aumento (IGPm)					
Custo de O & M (R\$ 35,70 por mWh)	9,81%	35,70	39,20	43,05	47,27	51,91
Custo de O & M		2.056.320	2.258.045	2.479.559	2.722.804	2.989.911
INVESTIMENTO						
ATIVO FIXO						
Equipamentos	12.000.000					
Depreciação Linear vinte anos	20					
Depreciação		600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
	FC	Simplex	FC	Descontado		
PAYBACK	(12.000.000)	(12.000.000)	(12.000.000)	(12.000.000)		
Ano 1	2.932.686	(9.067.314)	2.550.162	(9.449.838)		
Ano 2	3.678.101	(5.389.213)	2.781.173	(6.668.665)		
Ano 3	4.018.910	(1.370.303)	2.642.499	(4.026.167)		
Ano 4	4.393.153	3.022.850	2.511.799	(1.514.368)		
Ano 5	4.804.108	7.826.958	2.388.491	874.123		
Ano 6	4.570.897	12.397.855	1.976.125	2.850.248		
Ano 7	5.750.919	18.148.775	2.161.984	5.012.232		
Ano 8	6.295.072	24.443.847	2.057.870	7.070.102		
Ano 9	6.892.606	31.336.453	1.959.309	9.029.411		
Ano 10	7.548.759	38.885.212	1.865.938	10.895.349		
Ano 11	7.186.546	46.071.758	1.544.699	12.440.048		
Ano 12	9.060.483	55.132.241	1.693.469	14.133.517		

Ano 13	9.929.304	65.061.545	1.613.790	15.747.307		
Ano 14	10.883.357	75.944.902	1.538.130	17.285.437		
Ano 15	11.931.002	87.875.904	1.466.254	18.751.691		
Ano 16	11.362.818	99.238.721	1.214.285	19.965.976		
Ano 17	14.344.695	113.583.417	1.332.994	21.298.970		
Ano 18	15.731.898	129.315.314	1.271.218	22.570.188		
Ano 19	17.255.184	146.570.499	1.212.441	23.782.629		
Ano 20	18.927.906	165.498.404	1.156.500	24.939.129		
	Meses	4		8		
	Payback de 3 anos e 4 meses		Payback de 4 anos e 8 mês			
	0	1	2	3	4	5
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO	dias					
	40					
VENDAS		6.912.000	7.590.067	8.334.653	9.152.282	10.050.121
CONTAS A RECEBER		768.000	843.341	926.073	1.016.920	1.116.680
SALDO		768.000	75.341	82.732	90.848	99.760
	30					
CUSTO + DESPESAS		3.503.251	3.866.933	4.266.291	4.704.827	5.186.382
CONTAS A PAGAR		291.938	322.244	355.524	392.069	432.199
SALDO		291.938	30.307	33.280	36.545	40.130
CAPITAL de GIRO LÍQUIDO		-476.062	-45.034	-49.452	-54.303	-59.630

ANEXO F - CARTA DE APRESENTAÇÃO

Sou aluno de mestrado no programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - USP e venho trabalhando em minha dissertação com o tema “Análise dos Custos na Geração de Energia com Bagaço de Cana-de-Açúcar”.

Para tal, se faz necessário o levantamento de dados em usinas que utilizam o bagaço de cana para geração de energia elétrica, vendendo o excedente para a rede.

Gostaria de reforçar que esse trabalho irá contribuir de forma positiva para o setor energético, mais especificamente o da biomassa da cana, e que os dados dessa conceituada usina irão contribuir para o bom resultado do trabalho.

Segue abaixo um breve relato do contexto.

A produção de energia elétrica é uma atividade de grande importância no contexto do planejamento da infra-estrutura para dar suporte ao crescimento econômico. Tal preocupação é ainda mais crucial na economia dos países em desenvolvimento, que contam com uma infra-estrutura insuficiente e, de modo geral, menos robusta. O Brasil possui, dentre os países em desenvolvimento, uma vantagem no âmbito da infra-estrutura energética se comparado a outras nações, que é a possibilidade de planejar sua matriz energética utilizando fontes primárias renováveis em grande quantidade. Entre essas fontes, a biomassa gerada pelo setor sucroalcooleiro pode contribuir de forma significativa para o fortalecimento da matriz energética nacional.

Observa-se, entretanto, que apesar de há muito tempo disponível, essa biomassa não tem sido utilizada em todo o seu potencial para a geração comercial de energia elétrica. A reformulação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), instituído pelo Governo Federal em 2002, e o surgimento do mercado de créditos de carbono, estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, podem vir a reverter este quadro, fazendo com que a biomassa da cana-de-açúcar seja utilizada de forma mais intensa, tornando-se um importante componente na matriz energética brasileira.

Neste contexto de potencial aproveitamento da biomassa é que a dissertação a ser desenvolvida analisará os custos no processo de cogeração de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar. Tal análise se processará após a coleta de dados em usinas que já utilizam o bagaço de cana-de-açúcar como fonte de geração de energia elétrica para uso próprio, vendendo o excedente para a concessionária local. Conforme questionário em anexo.

Desde já agradeço o apoio.

Atenciosamente,

Paulo Lucas Dantas Filho
Mestrando em Energia
dantas@iee.usp.br

Orientadora: Prof^a. Dr^a Virginia Parente