

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA**

**O SETOR SUCROALCOOLEIRO E A UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA  
DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA**

**Luiz Augusto Meneguello**

**Dissertação apresentada ao Centro Universitário  
de Araraquara para obtenção do título de Mestre  
em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente –  
Área de Concentração: Dinâmica Regional e  
Alternativas de Sustentabilidade**

**ARARAQUARA**

**Estado de São Paulo – Brasil**

**Outubro de 2006**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA**

**O SETOR SUCROALCOOLEIRO E A UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DA CANA-  
DE-AÇÚCAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Centro Universitário de Araraquara para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - Área de Concentração: Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade

Linha de Pesquisa: Gestão de Território

Luiz Augusto Meneguello  
Engenheiro Eletricista

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

ARARAQUARA,  
Estado de São Paulo – Brasil  
Outubro de 2006

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

M449s Meneguello, Luiz Augusto

O Setor Sucroalcooleiro e a Utilização da Biomassa da Cana de Açúcar como Fonte Alternativa de Energia / Luiz Augusto Meneguello - Araraquara, 2006.

101 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA

1. Biomassa. 2. Cana-de-açúcar. 3. Energia. 4. PROINFA. 5. Protocolo de Kyoto.

I. Título

CDU 577.4

Permitida a reprodução total ou parcial deste documento desde que citada a fonte – O autor.

*Dedicatória*

*Para Liz, Mariana e Guilherme, por seu amor e pela  
compreensão nas muitas horas dedicadas à  
elaboração deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

**Há muito que agradecer.**

**Primeiramente agradeço ao Professor Marcus Cesar Avezum Alves de Castro sua firme orientação durante toda a elaboração deste trabalho.**

**Agradeço também aos Professores Oriowaldo Queda e Hildebrando Herrmann toda colaboração, atenção e suas inúmeras contribuições.**

**Agradeço também a todo o corpo docente do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da UNIARA, que muito me ensinaram nesses anos de agradável convívio.**

**Faço também um agradecimento aos profissionais das usinas de açúcar e álcool que colaboraram na pesquisa de campo realizada neste trabalho, seu tempo e sua colaboração dispensados.**

**Por fim, faço um agradecimento especial ao pessoal da secretaria do Programa de Mestrado da UNIARA, o carinho com que fui recebido durante minha passagem pelo programa.**

**SUMÁRIO**

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
RESUMEN.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	1
<b>2</b> OBJETIVOS	4
<b>3</b> REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
<b>3.1</b> A produção e comercialização de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil.....	5
<b>3.2</b> A proibição das queimadas e a utilização do palhico da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica.....	9
<b>3.3</b> Outras aplicações para o bagaço da cana-de-açúcar.....	11
<b>3.4</b> A indústria canavieira no estado de São Paulo.....	15
<b>3.4.1</b> A produção de açúcar e álcool da indústria canavieira.....	15
<b>3.4.2</b> A monocultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo...	17
<b>3.5</b> Tecnologias utilizadas na geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar e custos de modernização.....	20
<b>3.5.1</b> Principais tecnologias utilizadas.....	20
<b>3.5.2</b> O custo para modernização e aumento da capacidade de geração.....	25
<b>3.6</b> A legislação brasileira referente à produção e comercialização de energia elétrica.....	27
<b>3.7</b> O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA).....	34
<b>3.7.1</b> A instituição do programa.....	34
<b>3.7.2</b> A evolução do programa.....	38
<b>3.7.3</b> Discussão e pareceres de produtores e especialistas do setor sucroalcooleiro quanto ao desenvolvimento do PROINFA...	39
<b>3.7.4</b> Relação dos empreendimentos a biomassa integrantes do PROINFA.....	41

3.8	O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo.....	42
3.8.1	As usinas de cana-de-açúcar e sua participação no mercado de créditos de carbono.....	45
3.8.2	Metodologia da linha de base para avaliação de um projeto de geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar.....	47
3.8.3	O balanço das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GHG) na produção e utilização da cana-de-açúcar.....	49
3.8.4	Possibilidades de aumento na mitigação dos Gases do Efeito Estufa (GHG) pela agroindústria canavieira.....	54
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.1	Seleção das usinas para a pesquisa	56
4.2	Material de pesquisa – Instrumento para coleta de dados.....	57
4.3	Método de execução da pesquisa.....	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1	Caracterização das usinas.....	60
5.2	Utilização e destinação da biomassa.....	66
5.3	A situação atual da atividade de geração de energia elétrica nas usinas.....	68
5.4	Tendências para a atividade de geração de energia elétrica nas usinas.....	72
6	CONCLUSÕES.....	80
7	REFERÊNCIAS.....	82
8	ANEXOS.....	92
8.1	Anexo I – Formulário para as empresas do setor sucroalcooleiro sobre a da produção de energia elétrica.....	93
8.2	Anexo II - Usinas de açúcar e álcool em São Paulo com investimentos recentes em geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar.....	95

<b>8.3</b>	Anexo III - Geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar existente nas usinas em operação no estado de São Paulo (não incluem os aumentos de geração descritos no ANEXO II).....	96
<b>8.4</b>	Anexo IV - Comparações entre as usinas de São Paulo e do Brasil sobre a capacidade de geração de energia a partir da biomassa da cana-de-açúcar.....	99
<b>8.5</b>	Anexo V – Relação das usinas brasileiras de cana-de-açúcar que possuem projeto para participação no mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.....	100



## RESUMO

### **O setor sucroalcooleiro e a utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte alternativa de energia.**

A produção de energia elétrica é uma atividade de grande importância no planejamento para o crescimento da economia dos países em desenvolvimento. O Brasil possui uma vantagem nesta atividade, se comparado com outras nações, que é a possibilidade de planejar sua matriz energética utilizando-se de fontes primárias renováveis. A grande quantidade de biomassa gerada pelo setor sucroalcooleiro também pode contribuir de forma significativa no fortalecimento dessa matriz energética. Entretanto, observa-se 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. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) instituído pelo governo federal no ano de 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 venha a ser utilizada de forma mais intensa, tornando-se um importante componente na matriz energética brasileira. O presente trabalho teve como objetivos estudar o tratamento e a utilização da biomassa gerada pelas indústrias do setor sucroalcooleiro atualmente e analisar se os produtores do Estado de São Paulo têm interesse pela comercialização de energia elétrica como mais uma atividade para este segmento industrial, com foco nas oportunidades surgidas com o PROINFA e com o mercado de créditos de carbono. A metodologia utilizada na pesquisa deste trabalho foi a consulta direta aos produtores utilizando-se um questionário como instrumento de coleta de dados. Nas usinas pesquisadas, observa-se que 68 % têm interesse na produção comercial de energia elétrica, embora atualmente 41 % delas já produzam energia elétrica comercialmente. Concluiu-se com este trabalho que é grande o interesse das empresas do setor sucroalcooleiro pela produção comercial de energia elétrica e que oportunidades como o mercado de créditos de carbono podem aumentar a participação da biomassa da cana-de-açúcar na matriz energética brasileira.

Palavras-chave: Biomassa; Cana-de-açúcar; Energia; PROINFA; Protocolo de Kyoto

## **ABSTRACT**

### **The sugar-cane mills and the use of the sugar-cane biomass as alternative source of energy.**

The electric power production is an activity of great importance in the planning for the growth of the developing countries economy. Brazil has an advantage in this activity, when comparing with other countries, that it is the possibility to plan its energy matrix using renewable primary sources. The great amount of biomass generated by the sugar-cane mills can contribute also in a significant way in the strengthening of this energy matrix. However it is observed that, in spite of the long time available, this biomass has not been used in all of its potential for the electric power commercial generation. The Program of Incentive for Alternative Sources of Energy (PROINFA), instituted by the Brazilian government in 2002 and the development of the carbon credits market established by the Kyoto Protocol could revert this scenario, making that sugar-cane biomass comes to be used in a more intensely way, becoming an important component in the Brazilian energy matrix. The present work had as objectives to study the treatment and the use given now to the sugar-cane biomass generated by the sugar-cane mills and to analyze, with producers of São Paulo State, the interest of sugar-cane mills owners related to the electric power market as more one activity for this industrial segment, with focus on PROINFA opportunities and carbon credits market. The methodology used in the research accomplished by this work was the direct consultation with the producers using a questionnaire as instrument of data collection. In the researched mills it is observed that 68 % have interest in the commercial production of electric power, although now 41 % already produce electric power commercially. It was concluded that there is a high interest of the sugar-cane mills owners for the commercial production of electric power and the opportunities in the carbon credits market, that can increase the participation of the sugar-cane biomass in the Brazilian energy matrix.

Key-words: Biomass; Sugar-cane; Energy; PROINFA; Kyoto Protocol

## RESUMEN

### **La industria del azúcar y alcohol y el uso de la biomasa de la caña de azúcar como fuente alternativa de energía.**

La producción de energía eléctrica es una actividad de gran importancia en la planificación del crecimiento económico de los países en vías de desarrollo. Brasil posee una ventaja en esta actividad, si se compara a otras naciones, que es la posibilidad de planear su matriz energética con la utilización de fuentes primarias renovables. La gran cantidad de biomasa generada por la industria del azúcar y alcohol también puede contribuir de una manera significativa en el refuerzo de esta matriz energética. Sin embargo se observa que, a pesar de estar disponible hace mucho tiempo, esta biomasa no se ha usado con todo su potencial para la generación comercial de energía eléctrica. El Programa de Incentivo a las Fuentes Alternativas del Energía (PROINFA), instituido por el gobierno federal en año 2002 y el surgimiento del mercado de créditos de carbono establecido por el Protocolo de Kyoto puede cambiar este cuadro haciendo que la biomasa del caña del azúcar sea usada más intensamente, haciéndola un componente importante de la matriz energética brasileña. Este trabajo se hizo con el objetivo de estudiar el tratamiento y el uso que se hace actualmente de la biomasa generada por las industrias del azúcar y alcohol y para verificar el interés de los productores del Estado de São Paulo, en la comercialización de energía eléctrica como una actividad adicional para este segmento industrial, enfocando las oportunidades surgidas con el PROINFA y el mercado de créditos de carbono. El método usado en la investigación por este trabajo, fue la consulta directa a los productores con una encuesta donde se rellenaron datos. En las plantas investigadas se observó que el 68 % tiene interés en la producción comercial de energía eléctrica, aunque el 41 % ya la produce actualmente. Se concluyó con este trabajo que es grande el interés de las industrias del azúcar y alcohol por la producción comercial de energía eléctrica y que las oportunidades como el mercado de créditos de carbono, pueden aumentar la participación de la biomasa de la caña de azúcar en la matriz energética brasileña.

Palabras clave: Biomasa; Caña de azúcar; Energía; PROINFA; Protocolo de Kyoto

**LISTA DE FIGURAS**

Figura Nº: Título:	Página:
Figura 1 Evolução na produção de cana-de-açúcar no Brasil e em São Paulo.....	15
Figura 2 Esquema básico de um processo de geração em ciclo Rankine.....	21
Figura 3 Esquema básico de um processo de geração em ciclo Combinado.....	23
Figura 4 Esquema básico de um processo de geração com combustão em Leito Fluidizado.....	25
Figura 5 Metodologia da Linha de Base.....	46
Figura 6 Estado de São Paulo. Localização aproximada das usinas pesquisadas.....	57
Figura 7 Produção de cana moída na safra 2005 / 2006 e capacidade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas.....	62
Figura 8 Número total de colaboradores na área industrial e capacidade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas.....	63
Figura 9 Custo da energia elétrica produzida nas usinas pesquisadas (R\$ / MWh), quantidade de cana-de-açúcar processada na safra 2005 / 2006 e capacidade de produção de energia elétrica.....	64
Figura 10 Porcentagem das usinas pesquisadas que utilizam palhiço e/ou bagaço da cana-de-açúcar na geração de energia elétrica.....	67
Figura 11 Porcentagem das usinas pesquisadas que comercializam energia elétrica excedente.....	69
Figura 12 Opinião das usinas pesquisadas com relação à comercialização de energia elétrica.....	70
Figura 13 Empresas-cliente na venda de energia elétrica entre as usinas pesquisadas.....	71
Figura 14 Porcentagem das usinas pesquisadas que têm interesse pela produção comercial de energia elétrica.....	73
Figura 15 Intenção das usinas pesquisadas em fazer investimentos imediatos para aumento da capacidade de geração de energia elétrica.....	74
Figura 16 Motivação das usinas pesquisadas para o aumento imediato na capacidade de geração de energia elétrica.....	75
Figura 17 Participação das usinas pesquisadas do mercado de créditos de carbono...	77

Figura 18	Intenção de participar do mercado de créditos de carbono entre as usinas pesquisadas que ainda não participam.....	78
Figura 19	Conhecimento das usinas pesquisadas sobre os processos de produção de álcool a partir do bagaço da cana-açúcar.....	79

**LISTA DE TABELAS**

Tabela Nº:	Título:	Página:
Tabela 3.1	Remuneração do corte da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.....	10
Tabela 3.2	Valores de investimentos feitos pelas usinas de cana-de-açúcar para aumento da capacidade de geração de energia elétrica.....	26
Tabela 3.3	Valores econômicos e pisos correspondentes às tecnologias específicas por fonte no PROINFA (Base: março/2004).....	37
Tabela 3.4	Contratos da 1ª chamada pública do PROINFA – Fonte Biomassa.....	41
Tabela 3.5	Contratos da 2ª chamada pública do PROINFA – Fonte Biomassa.....	41
Tabela 3.6	Contribuição dos Gases do Efeito Estufa (GHG) na atmosfera.....	43
Tabela 3.7	Consumo de energia na produção de cana-de-açúcar.....	50
Tabela 3.8	Consumo de energia na produção de etanol.....	51
Tabela 3.9	Balanço de energia na produção e utilização de cana-de-açúcar e etanol.....	51
Tabela 3.10	Balanço dos Gases do Efeito Estufa (GHG) na produção e utilização dos produtos energéticos da cana-de-açúcar.....	53
Tabela 3.11	Variação total nas emissões de CO <sub>2</sub> com o uso da palha da cana-de-açúcar como combustível (considerando 55 % da área plantada colhida sem queima).....	55
Tabela 5.1	Características das usinas pesquisadas.....	60
Tabela 5.2	Utilização e destinação da biomassa da cana-de-açúcar nas usinas pesquisadas.....	66
Tabela 5.3	Comercialização de energia elétrica pelas usinas pesquisadas.....	68
Tabela 5.4	Interesse das usinas pesquisadas pela produção comercial de energia elétrica e intenção de fazer investimentos imediatos nesta atividade.....	72
Tabela 5.5	Interesse das usinas pesquisadas pela participação no PROINFA e no mercado de créditos de carbono.....	76
ANEXO II	Usinas de açúcar e álcool em São Paulo com investimentos recentes em geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar.	95

ANEXO III	Geração de energia elétrica existente nas usinas em operação a partir da biomassa da cana-de-açúcar no estado de São Paulo (não incluem os aumentos de geração descritos no ANEXO II).....	96
ANEXO IV	Comparações entre as usinas de São Paulo e do Brasil sobre a capacidade de geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar.....	99
ANEXO V	Relação das usinas brasileiras de cana-de-açúcar que possuem projeto para participarem do mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.....	100

## 1 – INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar é um tema que há muito tempo está presente nos estudos sobre energia no Brasil. Por muitos anos se discutem as vantagens, desvantagens, a importância e as dificuldades para a utilização desta fonte primária renovável para a produção comercial de energia elétrica.

Entretanto, observa-se que uma parcela muito pequena da energia elétrica produzida comercialmente no Brasil tem como fonte primária a biomassa da cana-de-açúcar. Segundo dados do Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia (MME), (2005), a capacidade total de geração de energia elétrica no Brasil era, em 2004, de 90.732 MW, dos quais 13.118 MW no estado de São Paulo; porém, desse total, a capacidade de geração elétrica instalada pelos produtores de açúcar e álcool era de 1.678,4 MW no Brasil e 1.221,5 MW em São Paulo (respectivamente 1,8 % e 9,3 %).

Atualmente existem cerca de 304 usinas e destilarias de cana-de-açúcar em operação no Brasil que processaram na safra 2005/2006 mais de 386 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (UNICA, 2006), gerando aproximadamente 93 milhões de toneladas de bagaço em todo Brasil.

O Estado de São Paulo é o maior produtor, com 243 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2005/2006, gerando aproximadamente 58 milhões de toneladas de bagaço (UNICA, 2006). Apesar desta elevada produção de biomassa, que se constitui numa grande disponibilidade energética, a maioria das usinas e destilarias produz energia elétrica apenas para consumo próprio, sendo ainda muito pequena a parcela comercializada com as distribuidoras de energia. Assim, a maior parte do potencial energético da biomassa constituído pela palha da cana-de-açúcar gerada no campo e pelo bagaço produzido nas indústrias é desperdiçada, sendo queimada na própria lavoura ou em caldeiras de baixo rendimento.

Para que a produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar possa ser implementada em larga escala são necessários investimentos na modernização dos processos produtivos e nos equipamentos geradores das usinas. Entretanto, não se observa um grande número de investimentos nesta atividade por parte dos produtores. As companhias distribuidoras de energia elétrica, por sua vez, também não promovem incentivos que venham aumentar o interesse desses produtores.

Em geral, quando são apresentados argumentos favoráveis à produção comercial de energia elétrica pela biomassa, os produtores partidários da utilização desta fonte primária



defendem que devem ser implantadas melhores linhas de financiamento e políticas que os incentivem a aumentar o parque gerador e que devem ser pagos melhores preços pela energia gerada devido às vantagens desta fonte de energia renovável.

Nesse cenário, sem grandes mudanças há muitos anos, surgiram recentemente dois fatores que podem 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. Estes fatores tendem a aumentar a rentabilidade da produção de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool. Isso faz com que os produtores aumentem seus investimentos neste seguimento de negócio, o que aumenta a oferta de energia elétrica no mercado e diversifica a matriz energética nacional, contribuindo para a confiabilidade do sistema de produção de energia elétrica.

A mudança no interesse dos produtores e suas conseqüências no mercado produtor de energia elétrica motivaram a realização deste trabalho, que inclui um estudo da literatura recente sobre o tema e uma pesquisa com os produtores do setor sucroalcooleiro acerca de seu interesse na produção comercial de energia elétrica e suas perspectivas de investimento neste mercado.

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica e uma pesquisa de campo desenvolvidas entre os anos de 2005 e 2006. Com esta pesquisa foi possível obter dos produtores do setor sucroalcooleiro, sua opinião sobre a utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte alternativa de energia elétrica, possibilitando informar aos grandes consumidores e às empresas distribuidoras sobre a possibilidade de aumento na oferta descentralizada de energia elétrica no mercado para os próximos anos.

As hipóteses elaboradas tratam da utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte primária para a geração de energia elétrica, sendo investigadas na pesquisa de campo, realizada no Estado de São Paulo:

- O bagaço gerado na produção de açúcar e álcool não se constitui em um problema para as usinas que conseguem facilmente livrar-se dele (vendendo ou simplesmente queimando) sem a necessidade de fazerem novos investimentos;
- O palhiço da cana-de-açúcar ainda é pouco utilizado como fonte de biomassa para geração de energia elétrica nas usinas;
- O aumento do interesse das usinas de cana-de-açúcar pela geração comercial de energia elétrica indica que esta atividade tem sido encarada como uma boa oportunidade de negócios para o setor;

- As usinas têm demonstrado pouco interesse em participar do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), porém a participação no mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto pode modificar este cenário.

O trabalho foi desenvolvido iniciando-se com esta introdução, seguida da apresentação de seus objetivos, indicados no capítulo 2 e que procuram obter as respostas para as hipóteses aqui indicadas.

Na seqüência, o capítulo 3 traz uma revisão bibliográfica com o foco principal na produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar como uma atividade econômica e sua produção atual no estado de São Paulo. Também são descritas as principais tecnologias utilizadas na produção de energia elétrica a partir da biomassa, acompanhadas de uma apresentação das leis e regulamentações brasileiras mais importantes relativas ao tema, com ênfase no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA). Por fim, é apresentado um breve relato sobre a questão do aquecimento global e como as usinas da cana-de-açúcar podem estruturar seus projetos de produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar para participarem do mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.

O capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa de campo, indicando o período e a forma como foi conduzida, objetivando conhecer as opiniões dos produtores do setor sucroalcooleiro e suas intenções quanto ao investimento nesta atividade econômica.

Os resultados e discussões obtidos e as conclusões são apresentados e discutidos nos capítulos 5 e 6 respectivamente, nos quais as usinas pesquisadas são caracterizadas segundo os critérios da pesquisa.

## **2 – OBJETIVOS**

Com a finalidade de analisar a utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte alternativa na geração de energia elétrica no estado de São Paulo, foram selecionadas 22 usinas para a realização de pesquisa de campo buscando os seguintes objetivos:

- Pesquisar o destino dado ao bagaço da cana-de-açúcar e avaliar se o mesmo se constitui em um problema para os produtores;
- Avaliar a utilização atual do palhico da cana-de-açúcar na geração de energia elétrica;
- Analisar o interesse do setor sucroalcooleiro na produção comercial de energia elétrica;
- Pesquisar qual tem sido o interesse das usinas do Estado de São Paulo em participar do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) e do mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 – A produção e comercialização de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil

O Balanço Energético Nacional do Ministério das Minas e Energia (MME), (2005), mostra que a oferta brasileira de energia está fundamentada principalmente em duas fontes: os combustíveis fósseis (carvão e petróleo) e a hidroeletricidade. Projeções mostradas no mesmo documento indicam que estas fontes continuarão por muito tempo a desempenhar um importante papel na matriz energética nacional, destacando que o Brasil necessita implementar programas que busquem fontes alternativas de energia, com vistas a uma maior confiabilidade na oferta de energia ao mercado para dar base ao seu desenvolvimento.

Paula (2004) destaca que estudos voltados à produção de energia através de cogeração indicam um potencial de 45.200 MW até 2013 como possível de ser acrescido ao atual parque de geração nacional, composto de sistemas a serem implantados na indústria, no setor de açúcar e álcool e no de serviços. Segundo o autor, esse potencial se apóia em muito no aumento da oferta de gás natural oriundo do gasoduto Bolívia-Brasil<sup>1</sup> e no aproveitamento das reservas de gás natural recentemente descobertas na Bacia de Santos/SP, já comprovadas em  $419 \times 10^9 \text{ m}^3$  e com estimativas que poderão totalizar  $14 \times 10^{12} \text{ m}^3$ .

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), (2001), a biomassa tem seu lugar de destaque na contribuição para implementação de uma parte da cogeração, diversificando a oferta de energia no mercado brasileiro. Segundo informações deste instituto, a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), que é a concessionária de energia elétrica na região central do estado de São Paulo, estima em 6.610 MW o potencial de energia elétrica a ser obtido a partir da cogeração utilizando o bagaço da cana-de-açúcar como fonte primária de energia.

Ripolli (1999) afirma que “países como o Brasil, que dispõem de imensas áreas agriculturáveis sob condições climáticas favoráveis, não podem ‘abrir mão’ da energia da biomassa como parte integrante de suas matrizes energéticas”. Segundo o autor, no Brasil, a cultura canavieira é a que mais facilmente poderia ampliar a participação da biomassa, pois além da extensa área, oferece condições de fácil adaptação para transformar o bagaço e o palhiço, provenientes da colheita sem queima prévia, em energia elétrica.

---

<sup>1</sup> Após os desdobramentos políticos da última eleição presidencial na Bolívia, surgiram muitas dúvidas com relação à oferta de gás natural vinda daquele país.

Segundo Ferrari (2002), uma tonelada de cana rende 240 kg de bagaço. Esta tonelada tem potencial para gerar 70 kWh, dos quais 30 kWh são usados na produção de açúcar e álcool (autoconsumo da usina) e 40 kWh na forma de excedentes.

A União da Agro Indústria Canavieira de São Paulo (UNICA), apresenta várias estimativas com relação à possibilidade de produção de energia elétrica a partir a biomassa da cana-de-açúcar. Em UNICA, (2002), estima-se o potencial de curto prazo no Brasil em 7.730 MW e de médio prazo em 16.111 MW, considerando neste caso a implementação de equipamentos com melhores tecnologias, a utilização do palhiço da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica e o aumento da área plantada. Dados mostrados em UNICA (2004), informam que em São Paulo apenas 619 MW gerados pelas usinas destinavam-se à comercialização com as distribuidoras de energia elétrica; entretanto, no mesmo estudo, afirma-se que o potencial no Brasil poderia ser de 6.000 MW a 8.000 MW em curto prazo, com a utilização das tecnologias atuais, ou ainda de 15.000 MW a 22.000 MW em longo prazo, com a expansão de cultivo. Em UNICA (2006), informa-se que a produção brasileira de cana-de-açúcar na safra 2005/2006 foi  $386,6 \times 10^6$  de toneladas. Com esta produção se obtêm  $92,7 \times 10^6$  de toneladas de bagaço e conseqüentemente um potencial de  $6,5 \times 10^6$  MWh. Ainda no mesmo documento, a UNICA informa que no estado de São Paulo, também na safra 2005/2006, foram produzidas  $242,8 \times 10^6$  de toneladas de cana-de-açúcar, e conseqüentemente  $58,2 \times 10^6$  de toneladas de bagaço, com um potencial de  $4,0 \times 10^6$  MWh. Estes dados, fornecidos pela UNICA, demonstram que a produção de energia elétrica pelo setor canavieiro em São Paulo e no Brasil ainda é muito pequena frente ao potencial existente, podendo, se totalmente explorada, vir a tornar-se numa importante fonte energética para o país.

Segundo Brighenti (2003), para que todo o potencial da biomassa da cana-de-açúcar existente e disponível no Brasil pudesse ser convertido em energia elétrica a ser efetivamente gerada, muitas barreiras precisariam ser vencidas, como acesso à rede de distribuição, falta de atratividade no preço ofertado para comercialização, falta de interesse das concessionárias para contratos de longo prazo e financiamentos com condições melhores.

Para Maiuri (2001), a utilização da biomassa da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica traz também a vantagem de promover uma distribuição regional na geração de energia elétrica, pois o aumento da disponibilidade de energia elétrica nem sempre proporciona o desenvolvimento uniforme e a conseqüente melhoria de qualidade de vida da população. O desenvolvimento das regiões nem sempre acompanha a oferta de energia elétrica, se esta oferta for feita simplesmente com a importação de energia. Desta forma,

reforça o autor, a proposta de estratégias de geração de energia elétrica regionalizada, especialmente a renovável, seria a melhor alternativa do ponto de vista sócio-econômico, principalmente porque gera novos empregos diretos e indiretos, incentivando as populações a fixarem-se em seus locais de origem.

Brighenti (2003) relata que a sazonalidade da produção de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar pode, a princípio, ser encarada como uma desvantagem, porém, analisa que a geração de energia é realizada durante a safra, que coincide com o período de seca no país, quando os níveis dos reservatórios das usinas hidroelétricas estão baixos. Segundo o autor, esta pode ser uma vantagem, pois ajuda a poupar a água dos reservatórios possibilitando sua utilização para outras finalidades.

Segundo Cunha (2005), a oferta de eletricidade por cogeração a partir da biomassa da cana-de-açúcar também apresenta vantagens ambientais por causa da redução das emissões de CO<sub>2</sub>, que pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do aumento da geração termoelétrica a partir de combustíveis fósseis, como o carvão.

Para Souza (2003), a estratégia de auferir receitas não-operacionais por meio da atividade de geração de energia elétrica poderá ser uma estratégia fundamental para a diversificação e estabilidade das receitas no setor sucroalcooleiro.

Em estudo sobre o potencial energético da cana-de-açúcar, Ripolli (2004) concluiu que o número de pessoas que poderiam ser servidas por ano pela energia elétrica produzida pelo setor, na região centro-sul do Brasil seriam 9,85 milhões, utilizando-se o palhço da cana-de-açúcar como fonte primária (se este não for queimado na lavoura) e 5,55 milhões utilizando-se apenas o bagaço da cana-de-açúcar, constatando assim uma significativa quantidade de energia elétrica possível de ser comercializada.

Devem ser lembradas também as mudanças ocorridas no panorama legal envolvendo a produção e comercialização de energia elétrica, pois nos últimos anos foram criados 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, 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 comercialização da energia elétrica cogorada pelo setor sucroalcooleiro começa a ser viabilizada com a reforma do setor elétrico brasileiro, que tem como objetivo 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. Desta forma, conclui o autor, “espera-se que a cogeração tenha uma participação maior na matriz energética brasileira”.

De uma forma conclusiva, Souza (2003) resume da seguinte forma as possibilidades do setor sucroalcooleiro diante da expansão do parque gerador de energia elétrica, visando uma nova fonte de negócios para o setor: a maioria das unidades produtoras do setor sucroalcooleiro (usinas e destilarias) foi implantada há mais de 20 anos, para atendimento ao Proálcool. A vida útil destas unidades estaria no fim, restando ao setor duas opções:

- Manter a tecnologia atual e operar em longo prazo com baixa eficiência;
- Instalar sistemas mais eficientes e expandir para um novo ramo de negócios, o da venda de eletricidade.

Se por um lado os produtores e especialistas defendem a criação de melhores linhas de financiamento, de políticas públicas que incentivem o aumento do parque gerador e de melhores preços devido às características desta fonte primária, por outro, estas vantagens são vistas com certa desconfiança por parte das autoridades e da opinião pública em geral, devido aos acontecimentos que se passaram na época do “Programa Nacional do Álcool – Pró Álcool”, como descreve Novaes (2002, p. 4): “A capacidade de cogeração de energia a partir do bagaço da cana é uma coisa enorme. Agora, isso precisa ser regulamentado, e nessa história tem uma culpa do governo, mas tem também uma culpa dos produtores de álcool, que no final da década de 70 liquidaram com o mercado do carro a álcool no Brasil, que naquela época representava acho que mais de 80 por cento dos carros produzidos. Chegou um momento no qual o mercado de açúcar explodiu, e era muito mais vantajoso produzir açúcar do que produzir álcool, e eles pararam de produzir álcool e deixaram todo mundo sem combustível”<sup>2</sup>.

Nastari (2004) apresenta um cenário sobre as possibilidades de exportação do álcool para o Brasil e mostra que este mercado está em crescimento, podendo atingir uma demanda que varia de 4,0 a 7,5 vezes a produção atual do Brasil.

Olivério (2003) relata que novas tecnologias em fase final de desenvolvimento permitem produzir álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Segundo o autor, este processo aumenta a produção de álcool em mais de 70% por hectare de cana plantada e, para que esta produtividade seja alcançada, todo o bagaço atualmente tratado como resíduo da pro-

---

<sup>2</sup> A elevação dos preços do álcool combustível, no final do ano de 2005, fez ressurgir essa desconfiança para com o setor sucroalcooleiro.

dução de açúcar e álcool e queimado nas caldeiras ou vendido para outras aplicações deveria ser destinado ao novo processo de produção de álcool. Deste modo, ainda segundo o autor, o bagaço passaria a ter um maior valor para as usinas, que passariam a utilizá-lo como matéria prima na produção de álcool e precisariam destinar o palhiço da cana-de-açúcar, atualmente queimado no campo, para a produção de energia elétrica nas caldeiras e geradores.

### **3.2 – A proibição das queimadas e a utilização do palhiço da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica**

A proibição das queimadas nos canaviais do estado de São Paulo é objeto de vários decretos e leis estaduais que regulamentam esta prática, os principais são:

- Decreto Estadual 41.719 de 16/abril/1997. Determina a proibição da queimada da cana e institui a redução gradativa desta prática determinando sua extinção em 8 anos, nas áreas definidas como mecanizáveis, e em 15 anos nas áreas definidas como não mecanizáveis;
- Lei Estadual 10.547 de 02/maio/2000. Mantém a proibição das queimadas, altera o prazo de sua extinção para 20 anos e regulamenta de forma detalhada a prática das queimadas durante este período;
- Lei Estadual 11.241 de 19/setembro/2002. Mantém a proibição das queimadas e determina sua extinção no ano de 2021 para as áreas mecanizáveis, e em 2031 nas áreas não mecanizáveis.

Gonçalves (2002) relata que apesar de essas leis entrarem em vigor de forma gradativa, não há dúvidas de que a proibição das queimadas como prática de preparo para colheita da cana-de-açúcar acelerou significativamente o processo de mecanização da colheita<sup>3</sup>, aumentando a disponibilidade do palhiço da cana-de-açúcar para seu aproveitamento com matéria prima para a produção de energia elétrica nas usinas. O autor também destaca que há muito tempo o uso do fogo como prática de despalhamento do canavial vinha sendo motivo de discussões entre defensores e opositores desta prática.

Ripoli (2002) relata que abandonando-se a prática da queima dos canaviais, o palhiço da cana-de-açúcar constituído por ponteiros, folhas verdes, palhas e frações de colmos remanescentes após operações de colheitas poderia ser recolhido e utilizado para a produção de vapor visando à geração de energia elétrica nas usinas e destilarias. Em estudo sobre o enfardamento do palhiço recolhido após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, o autor

---

<sup>3</sup> Sem que, necessariamente, a colheita mecânica deixasse de prescindir da queima do canavial.



concluiu que o seu equivalente energético médio é de 11,22 barris de petróleo por hectare. O autor afirma ainda que a energia contida no palhiço - que hoje, na sua grande maioria é descartado como prática de queima pré-colheita, é considerável e deve ser levada como componente relevante na matriz energética brasileira, mesmo este não sendo recolhido em sua totalidade.

Segundo Kitayama<sup>(1)</sup> (2004), utilizando-se além do bagaço, a palha da cana-de-açúcar, a biomassa atualmente produzida pelas usinas de cana do Brasil seria suficiente para gerar em torno de 8.000 MW.

Por outro lado, Vieira<sup>(1)</sup> (2003), comparando o corte da cana com e sem queima prévia, de forma manual e mecanizada, em duas usinas de São Paulo conclui que, com a introdução da colheita mecanizada, sempre haverá diminuição na mão-de-obra empregada, fato que provocará mudanças sociais e econômicas locais.

Ramos (2006) relata que a utilização da queimada da cana-de-açúcar antes da colheita trata-se de uma prática indefensável, somente interessando aos produtores que desejam continuar explorando a mão-de-obra dos trabalhadores, prática que vem se intensificando como mostrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Remuneração do corte da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Ano	Pagamento da Colheita. ( R\$ / ton )	Rendimento médio. ( ton / homem / dia )	Remuneração diária ( R\$ / dia )
1969	2,73	2,99	8,16
1970	2,02	3,05	6,16
1972	2,50	3,00	7,50
1973	2,51	3,30	8,28
1977	2,57	3,77	9,69
1980	2,29	3,97	9,09
1982	2,17	4,50	9,77
1985	1,92	5,00	9,60
1988	1,25	5,00	6,25
1990	0,96	6,10	5,86
1992	0,84	6,30	5,29
1994	0,83	7,00	5,81
1996	1,05	7,00	7,35
1998	1,06	7,00	7,42
2000	0,88	8,00	7,04
2002	0,88	8,00	7,04
2004	0,86	8,00	6,88
2005	0,86	8,00	6,88

Fonte: Instituto de Economia Agrícola, da Secretária Estadual de Agricultura e Abastecimento, *in* Ramos (2006).

Nota: Valores corrigidos de acordo com o IGP-DI da Conjuntura Econômica/FGV.

Ramos (2006) destaca também que devido ao pagamento cada vez menor pela cana cortada, conforme observado na Tabela 3.1, o esforço físico empregado pelos trabalhadores tem sido crescente, já que é a forma de buscar manter a remuneração diária que recebem

Gonçalves (2002) relata que a utilização da mão-de-obra com a introdução da colheita mecanizada se reduz em aproximadamente 50 %, passando de 37,82 dias-homem por hectare para 18,25 dias-homem por hectare, o que significa desempregar algo entre 18,8 % e 64,9 % da mão-de-obra da lavoura canavieira e reduzir de 10,7 % a 29,3 % a demanda de força de trabalho global no meio rural paulista, sendo esta mão-de-obra de baixa qualificação e que necessita de um programa de treinamento para sua reintegração ao mercado de trabalho. O autor afirma também que a mecanização do corte, embora seja uma inovação importante, na medida em que aumenta a produtividade do trabalho e colabora para a racionalização do processo produtivo da agroindústria, tem efeitos deletérios evidentes na geração de empregos, levando a questão para muito além do aspecto econômico. Entretanto, o autor lembra ainda que o desemprego gerado pelo avanço tecnológico não é uma realidade apenas do setor agroindustrial canavieiro nacional, mas sim um fenômeno mundial do final do século XX<sup>4</sup>.

### **3.3 – Outras aplicações para o bagaço da cana-de-açúcar**

Segundo Manzano *et al* (2000), o bagaço é responsável por 25 % a 30 % em peso da cana moída, ou seja, um resíduo da ordem de 74 milhões a 88 milhões de toneladas produzidos por ano no Brasil. Diante desta grande quantidade de biomassa pode-se questionar quais seriam as outras aplicações atualmente dadas a este resíduo.

Segundo o Ministério das Minas e Energia (MME), (2005), no ano de 2004, foram produzidas 101,795 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil.

Souza (2003) destaca que o bagaço da cana-de-açúcar é considerado o maior dejetivo da agroindústria nacional e seu aproveitamento industrial vai desde composto para ração animal, fertilizante, biogás, matéria-prima para compensados até para a indústria química em geral. Todavia, segundo o autor, a venda de bagaço excedente a granel é geralmente destinado como insumo energético para as indústrias citrícola, de soja, papel e celulose, de cerâmicas e retíficas de pneus.

Souza<sup>(1)</sup> (2002) afirma que apesar de ser utilizada na geração de energia, a sobra de bagaço nas usinas é significativa e seu potencial como complemento volumoso para ruminan-

---

<sup>4</sup> Para se evitarem os efeitos desta realidade, políticas públicas que garantam a geração de empregos produtivos devem ser implementadas.

tes é viável tecnicamente.

Suassuna (2002) defende a utilização do bagaço como ração animal, pois segundo o autor, na região nordeste do Brasil torna-se evidente a falta, quase completa, do volumoso indispensável à alimentação dos animais. O autor complementa ainda que com o propósito de salvar os rebanhos da fome, alternativas promissoras têm sido evidenciadas na região nordeste, a exemplo do uso do bagaço da cana-de-açúcar como fonte mantenedora da alimentação dos animais em patamares satisfatórios.

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

Vieira<sup>(2)</sup> *et al* (2003) mostram que estudos também têm sido desenvolvidos para a utilização do bagaço da cana-de-açúcar como ração também para outras espécies e não apenas para bovinos, conforme seu estudo que utilizou o bagaço de cana-de-açúcar como ração para alimentação de coelhos.

Também Rocha (2002) desenvolveu trabalho semelhante sobre alimentação de ovinos, mostrando sua eficiência nesta aplicação.

Moda (2003) desenvolveu estudo utilizando bagaço de cana-de-açúcar como base para a cultura de cogumelos, tendo concluído que o método utilizado pode substituir o processo de pasteurização comumente utilizado neste cultivo, com vantagens econômicas.

A utilização do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de celulose foi estudada por Cerqueira *et al* (2000), que demonstram a viabilidade técnica de utilizar o bagaço na produção de acetato de celulose por processo homogêneo. Para os autores, o bagaço da cana-de-açúcar proporciona pastas celulósicas com alta porcentagem de fibras, que podem ser aproveitadas para a produção de diferentes tipos de papel. Ainda segundo os autores, atualmente o Brasil importa o acetato de celulose produzido a partir da madeira e a utilização do bagaço de cana na produção deste material trará benefícios econômicos, uma vez que a disponibilidade desta matéria prima é muito grande.

Segundo Lara (2005), a utilização do bagaço na produção de fibras plásticas encontra-se totalmente desenvolvida e em produção comercial, sendo produzidas peças plásticas de um composto misto de polipropileno e fibras naturais de cana-de-açúcar.

Okino *et al* (1997) realizaram estudo sobre a resistência mecânica e absorção de água dos plásticos fabricados a partir de bagaço de cana-de-açúcar; visando classificá-los segundo

estas propriedades, concluíram que apresentam características adequadas para aplicação na construção mecânica.

Teixeira *et al* (1997) testaram os aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar quanto à sua resistência ao ataque de fungos para a produção industrial, que receberam a classificação de “moderadamente resistentes” a esses ataques pela norma ASTM D 2017-81.

Segundo Imbelomi (2005), a produção de plásticos compostáveis a partir do bagaço da cana-de-açúcar é uma aplicação promissora, pois possui vários campos de utilização, como a indústria de embalagens e a indústria farmacêutica. No caso da indústria de embalagens, sua grande vantagem é possuir um tempo de degradação bastante curto (6 a 12 meses) se comparado aos plásticos derivados de petróleo, que podem levar de 40 anos a 100 anos.

No Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), (2002), está sendo pesquisada a utilização dos plásticos biodegradáveis produzidos a partir do bagaço da cana-de-açúcar em sua aplicação medicinal, como na fabricação de cápsulas para liberação controlada de princípios ativos com atividade farmacêutica, que liberam medicamentos de forma gradativa na corrente sanguínea ou ainda na fabricação de fios para sutura que podem ser absorvidos pelo organismo.

Morais (1999) pesquisou a afinidade por água das fibras vegetais produzidas a partir do bagaço da cana-de-açúcar, que estão sendo aproveitadas na produção de materiais absorventes. Segundo o autor, estes materiais apresentam grande potencial de aplicação, já que os absorventes ocupam lugar de destaque no mercado mundial e são intensamente consumidos nas sociedades japonesa, norte-americana e européia como produtos de higiene pessoal, espessantes de produtos alimentícios e como umidificadores do solo usados na agricultura. Foram testados os métodos de polpação empregados para o bagaço de cana-de-açúcar, que resultaram, segundo avaliação do autor, em polpas de muito boa qualidade, adequadas para preparação de celulose e outros derivados.

Radichi (2002) mostrou ser viável a produção de óleos combustíveis vegetais a partir de resíduos agroindustriais como o bagaço da cana-de-açúcar, para substituição do óleo diesel e do óleo combustível derivado do petróleo. Segundo o autor, o bio-óleo, como é chamado, pode vir a ser um substituto do óleo diesel. A pesquisa pretende desenvolver um combustível alternativo aos combustíveis fósseis, tendo como matéria-prima a biomassa da cana-de-açúcar. O autor relata que já há alguns anos pesquisadores de vários países desenvolvem estudos para obter combustível a partir de biomassa, sendo que já existem turbinas para geração de energia, com capacidade de 2,5 Megawatts que utilizam o bio-óleo como combustível.

Olivério (2003) realiza pesquisa para o desenvolvimento de tecnologia por processo de hidrólise, que consiste na utilização do bagaço da cana-de-açúcar para a produção de álcool. A expectativa da pesquisa é incrementar substancialmente a produtividade de uma destilaria que hoje produz 7.740 l/ha e com o álcool do bagaço será de 13.800 l/ha, com seu pleno desenvolvimento. Segundo o autor, reduzir o custo do álcool combustível em até 40 %, dobrar a produção sem a necessidade de aumentar a área plantada de cana-de-açúcar e tornar o produto competitivo no mercado internacional, são algumas das vantagens de produzir o álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Atualmente o álcool é produzido a partir do caldo da cana, enquanto a nova tecnologia utiliza o processo de hidrólise transformando o bagaço da cana em açúcares, que fermentados e destilados resultam em álcool. Com o desenvolvimento desta tecnologia todo o bagaço de cana-de-açúcar atualmente utilizado na geração de energia elétrica poderá ser destinado à produção de álcool.

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.

### 3.4 - A INDÚSTRIA CANAVIEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO

#### 3.4.1 - A produção de açúcar e álcool da indústria canavieira

Segundo Macedo *et al* (2004), a produção de cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância para a economia brasileira: representa 2,2% do PIB nacional, fatura anualmente mais de US\$ 8 bilhões e gera aproximadamente um milhão de empregos diretos, 400 mil deles em São Paulo.

Segundo dados da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA) (2004), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido pela Índia e Austrália. Na safra 2003/2004 a produção mundial de açúcar foi de 138,6 milhões de toneladas e a brasileira foi de 24,8 milhões de toneladas, concentrando-se principalmente nas regiões Centro-Sul (com 85 % da produção nacional) e Nordeste (com 15 % da produção nacional). O estado de São Paulo é o maior produtor, com 60 % da produção nacional. A produção de cana-de-açúcar no Brasil objetiva principalmente a produção de açúcar e álcool, sendo que o Brasil é o maior exportador mundial destes produtos. A Figura 1 mostra a evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil e em São Paulo nos últimos anos.

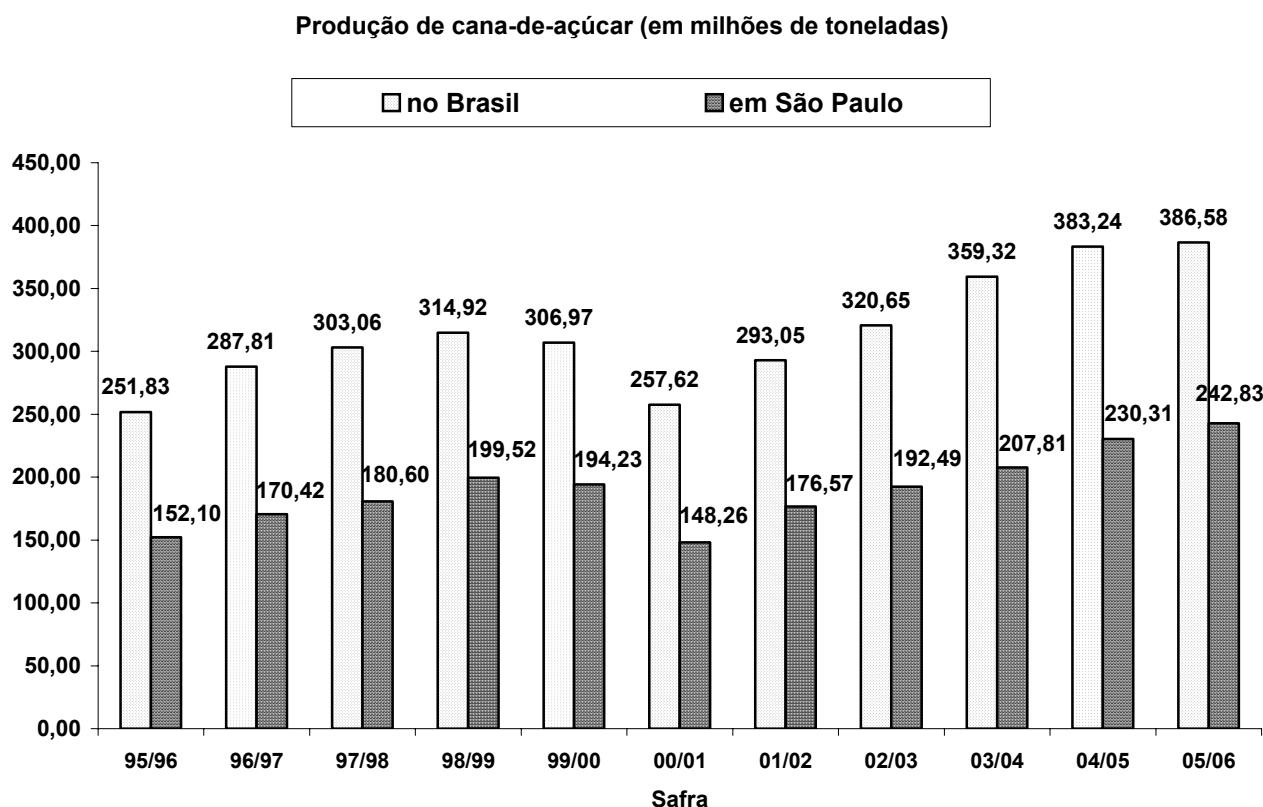


Figura 1: Evolução na produção de cana-de-açúcar no Brasil e em São Paulo.  
Fonte: UNICA (2006)

De acordo com Macedo *et al* (2004), em cada hectare cultivado se produzem, em média, 82,4 toneladas de cana-de-açúcar.

De cada tonelada de cana-de-açúcar moída resultam, em média:

- Se destinada apenas à produção de álcool: 89 litros de etanol hidratado ou 85 litros de etanol anidro;
- Se destinada apenas à produção de açúcar: 118 kg de açúcar e 10 litros de álcool residual;
- A produção normal para atender ao mercado é: 71 kg de açúcar e 42 litros de etanol (UNICA, 2004).

O aumento do rendimento na produção de álcool também merece destaque: Em 1980 produziam-se 4.200 litros por hectare de cana-de-açúcar plantados, alcançando 6.350 litros por hectare em 2003 (UNICA, 2004).

Na área de pesquisa e desenvolvimento o setor sucroalcooleiro há muito tem investido no desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, visando o aumento da produtividade como atividade do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que é uma entidade criada pela associação entre proprietários e produtores de grande parte do país, localizado na cidade de Piracicaba, no interior de São Paulo. Além das variedades da cana-de-açúcar o CTC também desenvolve pesquisas nas áreas agrícola, logística e industrial do setor sucroalcooleiro.

A produção de cana-de-açúcar em todo país é feita por aproximadamente 60.000 produtores rurais, em mais de 960 municípios (UNICA, 2004).

Ainda de acordo com a UNICA (2004), os salários pagos nesta atividade são em média de 3,5 vezes maiores que o salário mínimo nacional para as atividades agrícolas e 5,3 vezes maiores nas atividades industriais. Segundo a entidade, na safra 2003/2004 os produtores de cana-de-açúcar receberam em média US\$ 10,35 por tonelada de cana-de-açúcar fornecida às unidades industriais.

Por outro lado, em consulta à Federação dos Empregados Rurais Assalariados de Araraquara, em entrevista com seu diretor<sup>5</sup>, foi informado que o piso salarial dos trabalhadores agrícolas acordado com as empresas do setor sucroalcooleiro nessa cidade é de

---

<sup>5</sup> Entrevista com o Senhor Estanislau José do Nascimento, diretor da Federação dos Empregados Rurais Assalariados de Araraquara em 08/05/2006.

R\$ 410,00 por mês, o que resulta em 1,17 vezes o salário mínimo nacional. Na mesma entrevista, o diretor informou ainda que em outras regiões este salário é menor que o obtido na região de Araraquara.

Também em consulta ao Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Alimentação de Araraquara e Região, em entrevista com seu presidente<sup>6</sup>, foi informado que o piso salarial acordado com as indústrias do setor sucroalcooleiro é de R\$ 413,00 por mês, o que resulta em 1,18 vezes o salário mínimo nacional.

Segundo Gonçalves (2005), enquanto a agroindústria canavieira busca se destacar no mercado internacional, passando a imagem de uma produção limpa e ambientalmente correta, que estaria em sintonia com a sustentabilidade ambiental do planeta, os trabalhadores e as comunidades locais que convivem com o sistema de produção da cana-de-açúcar alegam que há uma outra realidade, marcada pelo desemprego, pela precarização das condições de trabalho no campo, pela poluição ambiental, pela concentração fundiária e pela má distribuição de renda<sup>7</sup>.

Boa parte da produção da indústria canavieira brasileira é exportada, sendo que os principais importadores do açúcar brasileiro são: Federação Russa, Emirados Árabes Unidos, Nigéria, Canadá, Senegal, Argélia, Egito, Marrocos, Arábia Saudita, Gana, Iêmen, Angola, Romênia e Estados Unidos (UNICA, 2004).

### **3.4.2 - A monocultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo**

Para Pinazza (1993), a lavoura canavieira, como toda a monocultura, estabelece potencialmente sérios riscos de desequilíbrios nos sistemas ecológicos, por ser mais vulnerável aos problemas de utilização menos racional do solo, pela compactação, lixiviação dos nutrientes, geração de resíduos agroindustriais, ocorrência de pragas e doenças, entre outros.

Segundo Araújo (2004), a área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo evoluiu de 290.271 ha em 1990 para 408.503 ha em 1999, configurando um aumento de 40,7 % nesta ocupação em 10 anos. O autor destaca que na região da Bacia do Rio Mogi-Guaçu, em virtude dessa territorialização da monocultura, alguns municípios apresentam porcentagens de área ocupada por canaviais superiores a 90 % do total de sua área agrícola,

---

<sup>6</sup> Entrevista com o Senhor Antonio Gonçalves Filho, presidente do Sindicato dos trabalhadores nas Indústrias de Alimentação de Araraquara e Região em 08/05/2006.

<sup>7</sup> A crescente necessidade de certificações para atuação no mercado internacional poderá forçar a uma mudança neste quadro obrigando os produtores a fornecer melhor qualidade de vida e trabalho a seus colaboradores.



como ocorre em Pradópolis. Outros municípios possuem ainda baixíssimos índices de vegetação natural em virtude da expansão da agroindústria canavieira.

De acordo com Rudolf *et all* (2004), no ano safra 2004/2005 a área do estado de São Paulo ocupada pela cana, mapeada por sensoriamento remoto, foi de 3,16 milhões de ha (cerca de 13 % da extensão territorial do Estado), com uma previsão de que 2,89 milhões de ha desta área estariam disponíveis para colheita em 2004. Ainda segundo os autores, em relação à safra 2003/2004 houve um aumento de área de cana em 2 %, porém, em relação à área colhida este aumento foi significativamente maior: aproximadamente 12 %.

Atualmente está em andamento a construção de 21 novas usinas e destilarias em São Paulo, fazendo com que a necessidade da área plantada no estado seja acrescida para as próximas safras (ProCana<sup>(2)</sup>,2005).

Segundo IZIQUE (2005), em 2010, para atender à demanda da indústria em expansão, a área plantada de cana-de-açúcar de 5,5 milhões de hectares terá de incorporar mais 2 milhões de hectares.

O jornal Gazeta Mercantil<sup>(1)</sup> (2006) ressalta que a cana vem sendo apontada como responsável pela expulsão de laranjais, campos de soja, cafezais e pecuaristas do interior de São Paulo.

Segundo Ripoli (2005), somente no estado de São Paulo prevê-se que para os próximos cinco anos mais de 45 novas usinas/destilarias entrarão em operação, com maior concentração na macro-região oeste do estado, ressaltando que os pastos estão sendo substituídos por canaviais; pomares de citrus estão sendo arrancados para dar lugar à cultura canavieira e novos capitais estão sendo injetados no setor.

Em matéria publicada no jornal Gazeta Mercantil<sup>(2)</sup> (2006), é informado que apenas neste ano a área ocupada por cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aumentou 10 %, somando 40 % da área de agricultura no estado. Na safra atual os canaviais crescem 400 mil hectares, sendo metade destas terras oriundas de pastagens.

Entretanto, Gonçalves (2002) destaca que a produção de cana-de-açúcar tem sido apontada como nociva ao ambiente, por levar a diversos processos de degradação das terras, além da poluição do ar decorrente da queima realizada antes da colheita e da poluição dos centros urbanos por cinzas, que também são vistas como restritivas a essa atividade.

Para Gonçalves (2005), a atividade canavieira praticada na região da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu (de acordo com o autor, a principal região canavieira do Estado de São Paulo) tem provocado uma série de problemas ao ambiente, aos trabalhadores e à população local, o que faz dela uma atividade insustentável, tanto no aspecto social

quanto no ambiental. Ainda segundo o autor, os problemas que envolvem essa atividade não estão relacionados com qualquer carência tecnológica ou econômica por parte dos produtores e empresários do setor, dada a excelente conjuntura econômica que vêm atravessando, os elevados preços internacionais do açúcar, os elevados preços do petróleo, as exportações de álcool, e a existência de alternativas tecnológicas que, se postas em prática, podem evitar os problemas ambientais presentes na atividade. O autor também afirma que a situação de insustentabilidade ambiental e social em que se encontra a atividade canavieira regional só poderá ser resolvida através da consolidação de um ambiente regulatório construído pelo conjunto da sociedade local.

Em estudo sobre a influência do monocultivo da cana-de-açúcar nas propriedades do solo Müller (2002) afirma que tanto no Brasil como em outros países produtores de cana-de-açúcar adotou-se o sistema de monocultivo, no qual somente a cana é cultivada em determinada área. Para o autor, este sistema é bastante criticável, pois tendo sido praticado em vários países tropicais, freqüentemente levou a declínios na fertilidade do solo.

Estudando os riscos ambientais relacionados à fragmentação da paisagem do município de Araraquara, Moschini (2005) relata que, dentre outros fatores, a cultura canavieira contribuiu para a degradação da paisagem na região estudada, com componentes ambientais, vegetação e recursos hídricos altamente comprometidos pelo desenvolvimento econômico fortemente apoiado na expansão da cultura canavieira, lembrando ainda que as trajetórias desenvolvimentistas atuais não podem ocorrer sem causarem impactos; entretanto, segundo o autor, não estão proporcionando benefícios na forma como deveriam.

Gonçalves (2002) destaca que um grave problema ambiental em consequência da monocultura da cana-de-açúcar é o provocado pelas queimadas realizadas na lavoura para facilitar o corte da cana. O autor relata que a queima provoca periodicamente a destruição e a degradação de ecossistemas inteiros, tanto dentro como próximo às lavouras canavieiras, além de gerar intensa poluição atmosférica prejudicial à saúde e que afeta não apenas as áreas rurais adjacentes, mas também os centros urbanos próximos.

Bin (2004) afirma que as monoculturas são responsáveis por um profundo desequilíbrio no ambiente. Para o autor, o uso de agrotóxicos é um bom exemplo deste desequilíbrio, pois sua utilização se dá em decorrência do surgimento de pragas e doenças, que resultam da simplificação do agroecossistema promovida pela monocultura.

### **3.5 - TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR E CUSTOS DE MODERNIZAÇÃO**

A conversão da biomassa da cana-de-açúcar disponível nas usinas em energia elétrica pode ser realizada por meio de diferentes processos tecnológicos. A maioria das usinas de cana-de-açúcar de São Paulo utiliza processos que possuem baixo rendimento, pois a produção de energia elétrica não era a principal preocupação na época de sua implantação. Para que essas usinas possam aumentar sua produtividade na geração de energia elétrica são necessários investimentos em modernização de seu parque gerador para equipamentos de maior rendimento.

Coelho (1999) define da seguinte forma o termo cogeração: “A geração simultânea de energia térmica e mecânica a partir de uma mesma fonte primária de energia”. Segundo o autor, a energia térmica produzida no processo de cogeração é utilizada diretamente no processo produtivo das usinas de açúcar e álcool como fonte de calor, já a energia mecânica é utilizada para o acionamento dos diversos equipamentos mecânicos que compõem as usinas (como moendas e picadores) ou para acionamento de geradores e produção de energia elétrica.

Para o Ministério das Minas e Energia (MME), (2005), fontes primárias de energia são aquelas providas pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica, etc.

Souza (2003) afirma que nas usinas de cana de açúcar até recentemente o objetivo dos produtores era queimar o máximo de bagaço possível nas caldeiras, mais que o necessário, para que não houvesse sobra de biomassa no processo de cogeração, fato que também incentivou investimentos em equipamentos de pequena eficiência energética.

#### **3.5.1 - Principais tecnologias utilizadas**

Pellegrini (2002) apresenta as três principais tecnologias hoje utilizadas para a cogeração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar:

1– Processo Convencional com Turbina a Vapor ou Vapor em Contrapressão: utiliza uma caldeira que produz o vapor através da queima da biomassa. Este vapor

movimenta uma turbina que, através de uma ligação mecânica aciona um turbogerador, produzindo a energia elétrica. Após a passagem pela turbina, o vapor é condensado cedendo calor à água de resfriamento, que retorna à caldeira. Os gases resultantes da queima do bagaço pré-aquecem o ar de combustão e seguem para os sistemas de remoção de particulados, antes de serem emitidos pela chaminé. Este processo é conhecido como “Ciclo RANKINE”. O bagaço é recebido *in natura* e armazenado em pilhas para posterior manuseio com o uso de tratores e carregadeiras. O bagaço pode ser lançado na fornalha na forma em que é recebido das moendas, projetado por meio de espalhadores, ou soprado com o ar primário.

De acordo com Coelho (1999), no Brasil, a maioria das usinas em operação utiliza este sistema, operando com equipamentos de baixa eficiência energética e com caldeiras de baixa temperatura e baixa pressão (22 bar, 300 °C).

Souza (2003) relata que em 138 usinas pesquisadas no estado de São Paulo entre 1999 e 2001 foram observadas 363 turbinas utilizando esta tecnologia, sendo 38 turbinas a vapor e 325 turbinas a vapor em contrapressão. Para o autor, isso mostra a possibilidade de avanço tecnológico no curto prazo para a geração de energia elétrica no setor sucroalcooleiro. Contudo, a mudança para processos mais eficientes exige altos investimentos.

A Figura 2 mostra o esquema da tecnologia com Ciclo Rankine.

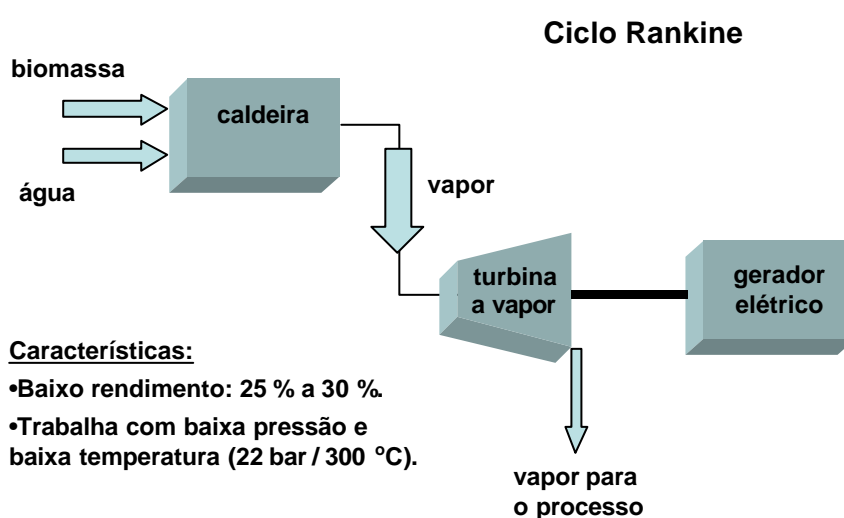


Figura 2 – Esquema básico de um processo de geração em ciclo Rankine.  
Fonte: Clementino (2001).

2– Processo de Gaseificação Integrada com Ciclo Combinado (BIG STIG): nesta tecnologia a biomassa, após ser picada e secada, alimenta o gaseificador, onde é queimada por meio de uma reação com o ar e oxigênio ou ar enriquecido. A geração de energia elétrica se dá pela queima do gás em uma turbina acoplada a um gerador, que opera segundo o ciclo denominado BRAYTON. Os gases de exaustão são conduzidos a uma caldeira de recuperação, onde são queimados para a geração do vapor que irá expandir em uma turbina que opera em ciclo RANKINE (convencional), e que por sua vez, é acoplada a outro gerador, produzindo energia elétrica adicional.

Após a caldeira, os gases são conduzidos pelo equipamento de coleta de material particulado e da chaminé, sendo lançados na atmosfera. Dependendo da concentração de carbono no particulado coletado, pode ser conveniente a sua reinjeção na fornalha, aumentando desta forma a eficiência global da unidade geradora.

De acordo com Coelho (1999), esta tecnologia tem sido a mais utilizada pelas usinas de cana-de-açúcar que estão investindo na modernização de suas instalações para o aumento da produção de energia elétrica. As instalações que utilizam o “Ciclo Combinado” possuem caldeiras com maiores valores de pressão e temperatura (65 bar, 480 °C) e atingem uma eficiência de até 60 % contra 25 % a 35 % obtida nos processos que operam com o ciclo RANKINE.

Segundo Pellegrini (2002), a utilização desta tecnologia para biomassas vegetais tem obtido crescente destaque no cenário energético mundial, como um modelo a ser utilizado em função de sua relação custo *versus* rendimento.

A Figura 3 mostra o esquema da tecnologia com Ciclo Combinado.

## Ciclo Combinado

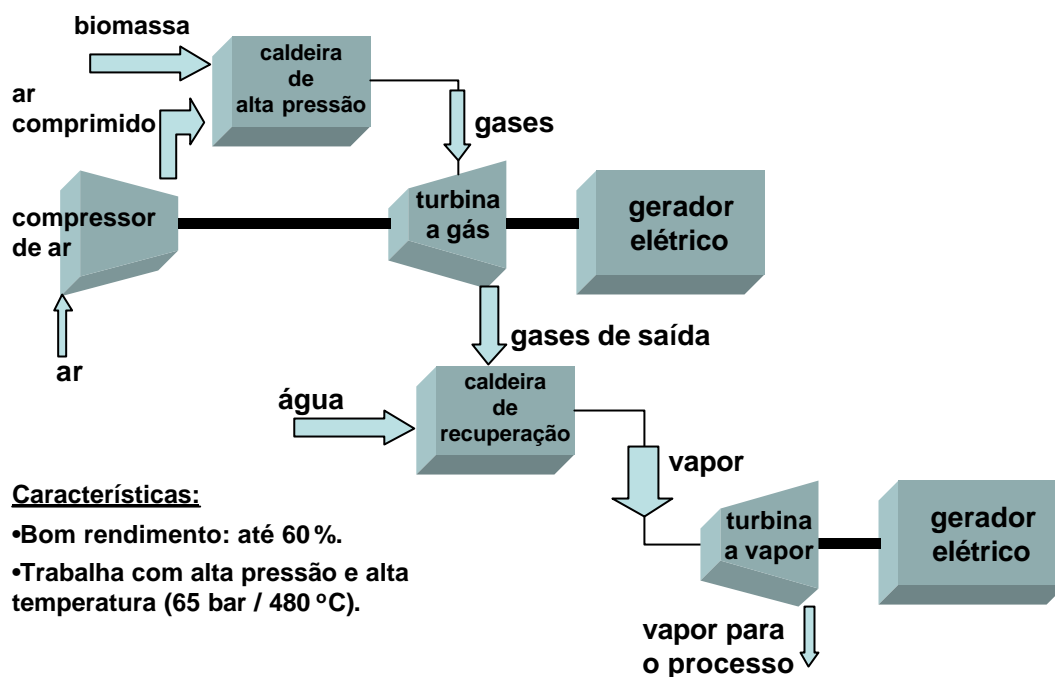


Figura 3 - Esquema básico de um processo de geração em ciclo Combinado.  
Fonte: Clementino (2001).

3– Processo com Combustão em Leito Fluidizado: nesta tecnologia, a biomassa da cana-de-açúcar queima dispersa num leito de partículas (areia), que é mantido em contínuo movimento pelo insuflamento de ar primário através de distribuidor situado no fundo de uma fornalha; desta forma, a biomassa é convertida em um gás energético por meio de oxidação parcial em temperaturas elevadas. Este processo é conhecido como gaseificação.

Souza (2003) relata que o sistema de gaseificação da biomassa e acoplamento da unidade a uma turbina a gás é chamado de *Biomass Integrated Gasification-Gas Turbine* (BIG-GT). Este sistema integrado em um ciclo combinado (que combina os ciclos Rankine e Brayton) é conhecido como BIG-GTCC (*Biomass Integrated Gasification-Gas Turbine Combined Cycle*). De acordo com o autor, estudos feitos pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) mostram que a quantidade de energia produzida com a tecnologia convencional é de no máximo 100 kWh por tonelada de cana-de-açúcar (sendo 30 kWh na média do setor). Com a utilização do processo de gaseificação da biomassa, a produtividade passaria para 152 kWh por tonelada de cana-de-açúcar.

Segundo Coelho (1999), o projeto da caldeira assemelha-se ao de uma unidade para queima em suspensão, e a diferença mais marcante é a introdução de um ciclone de alta temperatura entre o primeiro e segundo passos da caldeira, que tem por finalidade coletar o material particulado mais grosseiro arrastado da fornalha pelos gases de combustão, e que retorna à fornalha caracterizando a recirculação de sólidos. Esta tecnologia, ainda pouco utilizada no Brasil, apresenta as seguintes vantagens técnicas:

- Permite a queima de resíduos que não poderiam ser incinerados por motivos ambientais;
- A queima do combustível é praticamente completa e o excesso de ar é reduzido, permitindo um processo de combustão mais eficiente do que nas caldeiras convencionais, queimando os mesmos combustíveis;
- A geração de vapor pode variar de 25 % a 100 % durante a operação normal, com a caldeira atendendo às variações rápidas de carga;
- A formação de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) é reduzida pela temperatura do leito e pela injeção de ar por estágios;
- O custo operacional é reduzido devido à não existência de peças móveis;
- O controle do processo automatizado é mais vantajoso.

De acordo com Olivares Gómez (1996), em sistemas utilizando reatores de leito fluidizado pode-se obter uma redução estimada no custo do kWh de 47 % em relação aos sistemas convencionais (com ciclo RANKINE), utilizando tecnologias com turbinas a gás mais eficientes, além de contribuir para a melhoria do balanço de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) na atmosfera.

A Figura 4 mostra o esquema da tecnologia com Combustão em Leito Fluidizado.

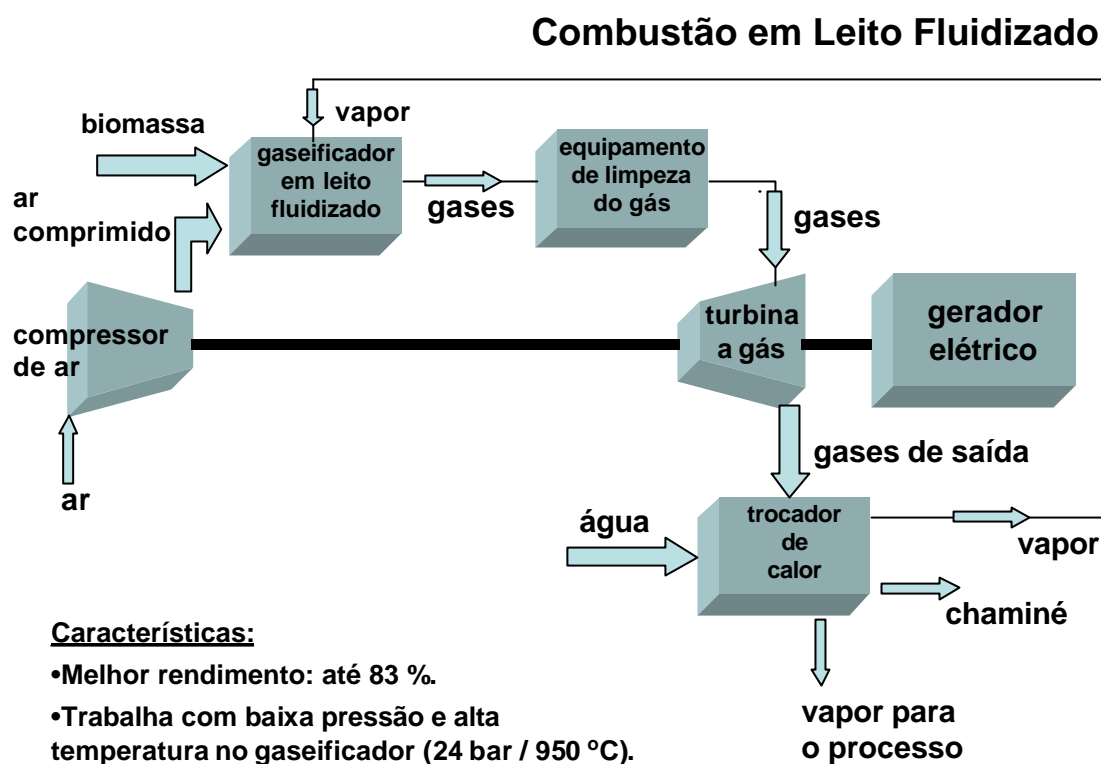


Figura 4 – Esquema básico de um processo de geração com combustão em Leito Fluidizado.

Fonte: Olivares Gómez (1996).

### 3.5.2 – O custo para modernização e aumento da capacidade de geração

Os dados pesquisados para este trabalho mostram valores variando de R\$ 980.000,00/MW instalado até R\$ 2.680.000,00/MW instalado em investimentos feitos por usinas nacionais para o aumento de sua capacidade de geração de energia elétrica, dependendo das características técnicas e da localização da usina em relação à rede elétrica do sistema de distribuição de energia, conforme mostrado na Tabela 3.2.



Tabela 3.2: Valores de investimentos feitos pelas usinas de cana-de-açúcar para aumento da capacidade de geração de energia elétrica.

Usinas	Locais	Investimento ( R\$ x 10 <sup>6</sup> )	Aumento de geração ( MW )	Taxa R\$ x 10 <sup>6</sup> / MW	Fontes
Água Bonita	Tarumã / SP	20,6	17	1,21	ProCana <sup>(1)</sup> (2005)
Cerradinho	Catanduva / SP	56,0	30	1,87	Jornal Geração (2005)
Equipav	Promissão / SP	48,0	27	1,78	Jornal da Região (2003)
Mandu	Guairá / SP	44,8	25	1,79	Moreno <sup>(2)</sup> (2004)
Pindorama	Coruripe / AL	42,2	27	1,56	Paletta (2004)
Sta. Elisa	Sertãozinho / SP	44,0	30	1,47	Souza (2003)
Sta. Terezinha	Tapejara / PR	100,0	37,3	2,68	Gazeta Mercantil (2005)
Sto. Antonio	Sertãozinho / SP	17	17,4	0,98	Ferrari (2002)
Vale do Rosário	Morro Agudo / SP	30	30	1,00	Souza (2003)

Desta forma, sabendo-se que a tecnologia utilizada nestes investimentos é a de Ciclo Combinado observa-se que o valor médio dos investimentos para ampliação da capacidade de geração de energia elétrica nestas usinas, utilizando esta tecnologia, é de aproximadamente R\$ 1.593.333,00 por MW instalado.

### **3.6 - A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA REFERENTE À PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Na legislação brasileira existe uma gama muito extensa de leis, resoluções, decretos, decretos-lei, portarias e despachos que regulamentam as atividades de produção e comercialização de energia elétrica. Procuramos neste trabalho enfatizar e comentar a parte da legislação voltada à comercialização de energia elétrica e mais especificamente ao tema deste estudo, a cogeração de energia elétrica através da biomassa.

Brighenti (2003, p. 41) afirma que: “A legislação brasileira sobre a cogeração vem sendo esboçada desde 1981, com a publicação do Decreto-lei 1.872, de 21/maio/1981, posteriormente revogado pela lei nº 9.648, de 27/maio/1998, que dispõe sobre a aquisição pelas concessionárias de energia elétrica excedente gerada por autoprodutores. Nesse período, a política energética era basicamente direcionada por decretos-lei, portarias ministeriais e por portarias do extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)”.

O Decreto-lei 1.872 define a figura do Autoprodutor de Energia Elétrica como “o titular de concessão ou autorização federal para produção de energia elétrica destinada a seu uso exclusivo” e autorizava as concessionárias de energia elétrica a adquirirem a energia excedente de autoprodutores que não utilizassem derivados de petróleo como combustível na produção de energia. O decreto previa ainda que em casos de escassez de energia o Ministério das Minas e Energia (MME) poderia determinar o suprimento compulsório da energia excedente de que dispunha o autoprodutor<sup>8</sup>.

Além do Decreto-lei 1872, também devem ser destacados:

- Portaria do Departamento Nacional de Energia Elétrica (DNAEE) 246, de 23/dezembro/1988. Autoriza os concessionários de serviço público de energia elétrica, integrantes dos sistemas elétricos interligados, a adquirirem energia elétrica excedente de autoprodutores. A energia produzida pelos autoprodutores não pode ser obtida a partir de derivados de petróleo, deverá ser garantida ao concessionário por um período de 10 anos e deveria obedecer aos padrões contratados de qualidade e quantidade estabelecidos pelo concessionário. O preço máximo a ser pago pelo concessionário também é estabelecido pela portaria em função do custo marginal de longo prazo da geração, dos sistemas interligados. Isto é, o valor a ser pago pela concessionária para a energia produzida pelos autoprodutores

---

<sup>8</sup> Observe-se o caráter ditatorial do decreto demonstrado nesta afirmação, pois a critério do Ministério das Minas e Energia, a produção excedente de energia poderia ser toda suprimida.

fica vinculado ao custo obtido pela concessionária, a partir das outras fontes convencionais de energia elétrica interligadas ao sistema elétrico, e também deve ser aprovado pelo (DNAEE).

- Lei 9.074, de 07/julho/1995. Inicia o processo de regulamentação da cogeração definindo em sua “Seção II” a figura do Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) como “a pessoa jurídica, ou empresas reunidas em consórcio, que recebem concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco” e sua participação no mercado de energia. Define também em sua “Seção III” as condições de compra de energia elétrica por parte dos grandes consumidores que, acima de determinadas potências, passam a ter a livre escolha do fornecedor de energia mediante o pagamento do custo do transporte da energia pelos sistemas de transmissão e distribuição. A partir desta lei a produção independente de energia elétrica passa a ser regulamentada como atividade econômica com suas regras operacionais e comerciais próprias ali definidas.

- Lei 9.427, de 21/dezembro/1996. Extingue o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e institui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica. A instituição da ANEEL oficializa uma desvinculação entre a produção de energia elétrica e a política nacional de recursos hídricos, uma vez que duas modificações estão surgindo no cenário nacional quanto ao aproveitamento dos recursos hídricos e geração de energia elétrica:

- i- Os recursos hídricos deixam de ser encarados como recursos prioritariamente destinados à produção de energia elétrica;

- ii- A geração de energia elétrica passa a contar de forma mais acentuada com outras fontes primárias de energia que não somente a hidráulica.

- Decreto 2.655, de 02/julho/1998. Regulamenta o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) e define as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Este decreto também regulamenta as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica.

- Resolução da ANEEL 112, de 18/maio/1999. Estabelece os requisitos necessários para obtenção de Registro ou Autorização para a implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas ou de outras fontes alternativas de

energia. Nesta resolução, surge pela primeira vez a menção às fontes alternativas de energia e é direcionada diretamente aos produtores independentes e autoprodutores.

- Resolução da ANEEL 233, de 29/julho/1999. Estabelece a livre negociação na compra e venda de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados do mercado. Estabelece também que é diretriz do governo federal aumentar a diversidade da matriz energética brasileira incentivando o desenvolvimento de fontes energéticas renováveis e o uso do carvão nacional. A resolução estabelece os Valores Normativos definidos por fonte de geração.

“O Valor Normativo representa o limite para o repasse dos preços livremente negociados na aquisição de energia elétrica, por parte das concessionárias de distribuição, para as tarifas de fornecimento, quando do cálculo do reajuste de tarifas” (BRIGHENTI, 2003, p. 44).

A resolução cita ainda que os Valores Normativos poderão ser diferentes por tipo de fonte energética ou por região geo-elétrica dos sistemas interligados. Na prática, significa que os preços pagos pelas distribuidoras de energia elétrica podem ser diferentes para cada tipo de fonte primária de energia, o que pode tanto servir de incentivo ou não a uma determinada fonte, dependendo dos valores fixadas para esta fonte. O Valor Normativo para a energia da fonte biomassa foi definido em R\$ 80,80 / MWh, para as pequenas centrais hidroelétricas (PCH's) em R\$ 71,30 / MWh e para as usinas eólicas em R\$ 100,90 / MWh. Nesta resolução, observa-se pela primeira vez na legislação a menção às fontes energéticas renováveis.

Segundo Souza<sup>(2)</sup> (2002), é grande a importância da fixação dos Valores Normativos para o fornecedor de energia elétrica, pois ao influenciar diretamente a formação do preço de repasse, o Valor Normativo influencia indiretamente o reajuste anual a ser repassado à tarifa de fornecimento de energia para o consumidor cativo. Desse modo representa incentivos para as distribuidoras em adquirir energia das fontes primárias que possuem os maiores Valores Normativos.

- Resolução da ANEEL 021, de 21/janeiro/2000. Estabelece os requisitos necessários para obtenção junto à ANEEL da qualificação de centrais cogeneradoras de energia para fins de participação das políticas de incentivo à cogeração. A resolução considera que a atividade de cogeração contribui para a racionalização de energia, uma vez que possibilita um melhor aproveitamento de combustíveis e gera conseqüentes benefícios para a sociedade. A resolução diferencia a qualificação em dois grandes grupos:

- i- Os derivados de petróleo, gás natural e carvão;
- ii- Demais fontes primárias.

- Resolução da ANEEL 22, de 01/fevereiro/2001. Atualiza procedimentos, fórmulas e limites de repasse dos preços de compra de energia elétrica para as tarifas de fornecimento e atualiza os Valores Normativos por fonte para os seguintes valores: para a termoelétrica por biomassa R\$ 89,86 / MWh; para as pequenas centrais hidroelétricas (PCH's) em R\$ 79,29 / MWh e para as usinas eólicas em R\$ 112,21/MWh. A resolução determina uma atualização de 11,2 % sobre os valores definidos na resolução ANEEL 233, de 29/julho/1999, para as fontes primárias renováveis. Para a fonte hidroelétrica determina um reajuste de 26,5 % passando seu Valor Normativo para R\$ 72,35 / MWh.
- Lei 10.438, de 26/abril/2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, determinando como devem ser rateados os custos entre as classes de consumidores finais. Fica estabelecido que os custos referentes à aquisição de energia sejam rateados entre todas as classes de consumidores finais, exceto os consumidores classificados como “Subclasse Residencial de Baixa Renda”, que são aqueles atendidos por circuitos monofásicos e com consumo mensal inferior a 80kWh / mês. Em seu artigo 3º cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) que visa a incentivar produtores independentes de energia oferecendo vantagens como financiamentos e compra garantida da energia produzida. O programa tem como objetivo o incentivo a três tipos de fontes renováveis produtoras de energia elétrica: eólica, pequenas centrais hidroelétricas (PCH's) e biomassa.
- Decreto 4.541, de 23/dezembro/2002. Regulamenta os artigos da Lei 10.438, de 24/abril/2002 que cria o PROINFA. Estabelece todas as normas e diretrizes regulamentares para o desenvolvimento do PROINFA. Em seu artigo 27 o decreto determina que “O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) propará metodologia de avaliação ambiental do PROINFA, indicando sua contribuição para evitar emissões de gases de efeito estufa, mitigando o risco de mudanças climáticas, de forma a possibilitar o seu oportuno enquadramento como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) da Convenção Quadro de Mudanças do Clima das Nações Unidas”.
- Lei 10.848, de 15/março/2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica no Brasil, alterando as leis anteriores sobre o tema. Promoveu uma mudança no setor elétrico brasileiro iniciando o processo para a criação do “Novo Modelo do Setor Elétrico Nacional”. Ficam estabelecidos dois ambientes de contratação para o fornecimento de energia elétrica:

- i- Ambiente de Contratação Livre, que é a forma de comercialização que já vinha sendo praticada no mercado nacional regulada pela Lei 9.648, de 27/maio/1998 e se dá mediante as operações de compra e venda de energia envolvendo livremente os agentes concessionários autorizados de geração, distribuidores, comercializadores, importadores de energia elétrica e os consumidores.
- ii- Ambiente de Contratação Regulada, em que as permissionárias e autorizadas do serviço público de distribuição de energia elétrica devem garantir o atendimento à totalidade de seu mercado mediante contratos regulados por meio de licitações. A contratação regulada deve ser formalizada por meio de contratos bilaterais denominados Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado, os quais devem ser celebrados entre as geradoras e cada uma das distribuidoras de energia elétrica. A contratação regulada obriga os geradores e distribuidores de energia elétrica a oferecer garantias de fornecimento aos consumidores.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME) (2003), “O novo modelo para o setor está desenhado para promover uma importante melhoria na segurança do suprimento de energia. O modelo permite chegar a uma matriz energética que aproveite melhor as vantagens da hidroeletricidade e da energia térmica ao estabelecer uma competição por preços no processo de comercialização da energia. Em termos técnicos, ele permite que se aumente o grau de confiabilidade do sistema, favorecendo a modicidade tarifária, ou seja, o menor custo possível para o consumidor”.

A Lei 10.848 aumenta as atribuições do Ministério de Minas e Energia (MME), limitando a função do órgão regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), à gestão e fiscalização dos contratos. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), entidade anteriormente independente, passa a contar com a participação de membros indicados pelo Governo Federal. O novo modelo determina a desverticalização das atividades do setor elétrico, sendo que as distribuidoras que atuam no Sistema Interligado Nacional (SIN), não podem desenvolver as atividades de geração, transmissão e venda de energia elétrica, participar em outras sociedades de forma direta ou indireta, e exercer atividades alheias ao objeto da concessão, permissão ou autorização. A Lei 10.848 estabelece em 18 meses o prazo em que os agentes do setor devem se desarticular a contar da data em que a mesma entrou em vigor. No novo modelo estabelecido pela Lei 10.848 também foram criados:

- i- A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que substituiu o Mercado Atacadista de Energia (MAE), operacionaliza os processos licitatórios para contratação de energia no ambiente regulado com a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN). O funcionamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foi posteriormente regulamentado pelo Decreto 5.177, de 12/agosto/2004.
- ii- O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). Este comitê foi ratificado pelo Decreto 5.175, de 9/agosto/2004 com a função de monitorar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional com o objetivo de orientar as ações do Ministério de Minas e Energia (MME).
  - Decreto 5.025, de 30/março/2004. Este decreto, assim como o Decreto 4.541, de 23/dezembro/2002, estabelece novas normas e diretrizes regulamentares do PROINFA. O decreto 5.025 cita em seu artigo 5º, parágrafo único, que “O PROINFA visa a reduzir a emissão de gases de efeito estufa, nos termos do Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima aprovado pelo Decreto Legislativo nº 144, de 20/junho/2002, contribuindo para o desenvolvimento sustentável”.
  - Decreto 5.175, de 09/agosto/2004. Constitui o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) com a função de monitorar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional a fim de orientar as ações do Ministério de Minas e Energia (MME). A principal função deste órgão é prever e tentar evitar que se repitam no Brasil situações no fornecimento de energia como as que resultaram no racionamento vivido nos anos 2000 e 2001.
  - Resolução da ANEEL 109, de 26/outubro/2004. Instituiu a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica visando à regulação da comercialização de energia elétrica, estabelecendo a estrutura e a forma de funcionamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) nos termos da Lei 10.848, de 15/março/2004. Introduz a modalidade de leilões para a compra e venda de energia no Ambiente de Contratação Regulado (ACR), permitindo maior competitividade entre os agentes do mercado (vendedores e compradores). Para o Ambiente de Contratação Livre (ACL), a resolução estabelece que a contratação do fornecimento de energia seja formalizada mediante contratos bilaterais entre vendedor e comprador.

- Resolução da ANEEL 111, de 16/novembro/2004. Estabelece as quotas anuais provisórias de energia referentes ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), para as distribuidoras que operem no Sistema Interligado Nacional (SIN). Com a instituição e o desenvolvimento do PROINFA, a ANEEL passa a contar com a energia gerada por fontes alternativas integrantes do programa como uma parcela importante de energia disponível no Sistema Interligado Nacional (SIN).
- Resolução da ANEEL 127, de 6/dezembro/2004. Estabelece os procedimentos para o rateio dos custos do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA). Estabelece também que o rateio do custo da energia proveniente do PROINFA abrangerá somente os agentes do Sistema Interligado Nacional (SIN) que comercializam energia com o consumidor final, mediante o estabelecimento de quotas de mercado.
- Lei 11.075, de 30/dezembro/2004. Altera de 30/dezembro/2006 para 30/dezembro/2008 o prazo para entrada em operação dos empreendimentos incluídos no âmbito do PROINFA, dando maior prazo para a conclusão dos empreendimentos.
- Decreto 5.499, de 25/julho/2005. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica.
- Decreto 5.597, de 28/novembro/2005. Regulamenta o acesso de consumidores livres às redes de transmissão de energia elétrica e dá outras providências.
- Portaria do Ministério das Minas e Energia 384, de 22/agosto/2005. Define a garantia física dos empreendimentos de energia elétrica movidos a biomassa.



### **3.7 – O PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA (PROINFA)**

#### **3.7.1 - A instituição do programa**

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), foi instituído pelo governo brasileiro pela Lei 10.438, de 26 de abril de 2002 “com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional”.

Segundo Porto (2004) os objetivos do PROINFA são:

- Diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a segurança no abastecimento;
- Valorização das características e potencialidades regionais e locais com a criação de empregos, capacitação e formação de mão de obra;
- Redução de emissão de gases de efeito estufa.

Segundo a ELETROBRÁS (2005), o PROINFA “tem como objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis, a partir do aumento da participação da energia elétrica produzida com base naquelas fontes, no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN)”.

O programa foi previsto em duas etapas de implantação; para a primeira etapa foram previstas as seguintes características:

- Inserção de 3.300 MW no Sistema Interligado Nacional (SIN) através das fontes:
  - Eólica: 1.100 MW
  - Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCH: 1.100 MW
  - Biomassa: 1.100 MW

Caso o montante previsto por alguma das fontes não fosse alcançado, o programa poderia completar os 3.300 MW previstos com contratos com as demais fontes.

- Prazo para entrada em operação comercial: Inicialmente previsto para dezembro de 2006. Posteriormente alterado para dezembro de 2008 pela Lei 11.075, de 30/dezembro/2004;

- Garantia contratual de compra pela ELETROBRÁS da energia produzida por um período inicialmente previsto de 15 anos após a entrada em operação. Posteriormente este período foi alterado para 20 anos pela Lei 10.762, de 11/novembro/2003;
- Limites de contratação por estado:
  - Eólica: 20 % (220 MW)
  - Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCH: 15 % (165 MW)
  - Biomassa: 20 % (220 MW)
- Rateio dos custos do programa pelos consumidores ligados ao Sistema Interligado Nacional (SIN);
- Índice de nacionalização mínimo de 60 % do investimento total;
- Exigência de habilitações técnica, jurídica, fiscal e econômico financeira;
- Despacho prioritário da energia produzida pelo Operador Nacional do Sistema (ONS);
- Necessidade de Licença Ambiental de Instalação (LI) para o empreendimento. A data de emissão da licença é critério para seleção, respeitando-se os limites de contratação por estado.

De acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (2005) “a produção de 3,3 mil MW a partir de fontes alternativas renováveis dobrará a participação na matriz energética brasileira das fontes eólica, biomassa e PCH, que atualmente respondem por 3,1 % do total produzido e, em 2006, podem chegar a 5,9 %”.

Na segunda etapa o programa prevê que as fontes eólica, pequenas centrais hidroelétricas e biomassa atendam a 10 % do consumo anual de energia elétrica do país, objetivo a ser alcançado em 20 anos com critérios de contratação semelhantes aos da primeira etapa.

O Ministério das Minas e Energia (MME) (2004) destaca que “o PROINFA contará com o suporte do BNDES, que criou um programa de apoio a investimentos em fontes alternativas renováveis de energia elétrica. A linha de crédito prevê financiamento de até 70 % do investimento, excluindo apenas os bens e serviços importados e a aquisição de terrenos. Os investimentos terão que garantir 30 % do projeto com capital próprio. As condições de financiamento são conforme a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), mais 2 % de spread básico e até 1,5 % de spread de risco ao ano, carência de 6 meses após a entrada em

operação comercial, amortização por dez anos e não pagamento de juros durante a execução do empreendimento”.

Para a participação no programa os empreendimentos devem ser habilitados para tanto, foram emitidos pelo Ministério das Minas e Energia (MME), Guias de Habilitação para cada uma das fontes constantes no programa que informam todas as exigências necessárias aos empreendimentos para esta habilitação.

Após sua instituição, o PROINFA foi regulamentado pelos decretos 4.541, de 23/dezembro/2003 e 5.025, de 30/março/2004. No decreto 5.025 ficaram estabelecidas várias definições, sendo importante destacar-se duas delas:

- Valor Econômico Correspondente à Tecnologia Específica da Fonte: valor de venda da energia elétrica para a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, que viabiliza econômica e financeiramente um projeto-padrão, utilizando essa fonte num período de vinte anos com determinados níveis de eficiência e atratividade. Conforme premissas contidas em seu artigo 3º;
- Tarifa Média Nacional de Fornecimento ao Consumidor Final: quociente entre a Receita Nacional de Fornecimento ao Consumidor Final dos últimos doze meses anteriores à publicação da LEI 10.762, de 11/novembro/2003, e o respectivo consumo, expresso em R\$ / MWh.

O artigo 3º do decreto 5.025 estabelece que: “o cálculo dos valores econômicos será efetivado mediante o método do Fluxo de Caixa Descontado” para as seguintes condições:

“I – para um período de vinte anos de operação comercial”;

“II – com uma taxa de retorno do capital próprio compatível com os riscos minorados que decorrem das garantias de contratação e de preço”;

“III – com níveis de eficiências compatíveis com o estágio de desenvolvimento tecnológico e com os potenciais energéticos nacionais”;

“IV – com custos unitários padrão de cada fonte para a determinação do valor a ser investido no empreendimento, inclusive os custos-padrão de conexão”;

“V – com estimativa de valor residual”;

“VI – com as previsões de despesas e custos operacionais, inclusive perdas, uso de sistemas elétricos, tributos e encargos setoriais”;

“VII – com as previsões de taxas de indisponibilidade e de consumo próprio de energia elétrica”;

“VIII – com condições especiais de financiamento”;

“IX – com uma relação entre capital próprio e de terceiros compatível com a praticada pelo mercado de geração de energia elétrica”;

“X – com os descontos específicos previstos na legislação existente para a utilização para a utilização das redes de transmissão e de distribuição”;

“XI – considerando os níveis de depreciação estabelecidos na regulamentação específica para cada fonte e”;

“XII – com as receitas advindas de subprodutos e co-produtos que venham a serem comercializados”.

“Parágrafo único. No cálculo dos valores econômicos, o Ministério de Minas e Energia poderá considerar os incentivos ou os subsídios existentes para as fontes eólica, PCH e biomassa”.

No artigo 4º, também do decreto 5.025, fica estabelecido que “Os valores econômicos correspondentes às tecnologias específicas e os pisos para cada fonte serão estabelecidos pelo Ministério das Minas e Energia” e teriam como piso, respectivamente para as fontes eólica, PCH e biomassa, 90 %, 70 % e 50 % da Tarifa Média Nacional de Fornecimento ao Consumidor Final, calculada pela ANEEL.

Com base nos critérios acima descritos, constantes do decreto 5.025, o Ministério das Minas e Energia, em sua Portaria 45, de 30 de março de 2004, fixou os valores econômicos e os pisos para cada tecnologia conforme Tabela 3.3:

Tabela 3.3: Valores econômicos e pisos correspondentes às tecnologias específicas por fonte no PROINFA (Base: março/2004).

Tipo da central geradora de energia elétrica	Valor Econômico da Tecnologia da Fonte ( R\$ / MWh )	
	Máximo	Piso
PCH	117,02	117,02
Eólica	204,35	150,45
Biomassa		
Bagaço de cana	93,77	83,58
Casca de arroz	103,20	83,58
Madeira	101,35	83,58
Biogás de aterro	169,08	83,58

Fonte: Ministério das Minas e Energia (MME), Portaria 45, de 30/março/2004.

A portaria 45 do Ministério das Minas e Energia estabeleceu ainda que os valores da Tabela 3.3 seriam atualizados a partir de 01/março/2004 pelo IGP-M da Fundação Getúlio Vargas.

### 3.7.2 - A evolução do programa

Após sua instituição o PROINFA realizou em 05/abril/2004 sua “Primeira Chamada Pública” para habilitação dos empreendimentos interessados em participar do programa. Após a análise dos guias de habilitação fornecidos pelos empreendimentos interessados a ELETROBRÁS divulgou o seguinte resultado da primeira chamada pública:

- PCH's: Empreendimentos habilitados: 1.750,17 MW;  
Empreendimentos selecionados: 1.100,00 MW.
- Eólicas: Empreendimentos habilitados: 3.429,53 MW;  
Empreendimentos selecionados: 1.100,00 MW.
- Biomassa: Empreendimentos habilitados e selecionados: 569,51 MW.

Os empreendimentos que utilizam a biomassa atingiram, portanto, aproximadamente 52 % do montante a eles destinado. No decorrer do programa alguns empreendimentos habilitados e selecionados da fonte biomassa desistiram de integrá-lo, reduzindo sua participação de 569,51 MW para 327,46 MW, fazendo-se assim necessária uma segunda chamada para a fonte biomassa, que foi realizada pelo Ministério das Minas e Energia (MME) em 5/outubro/2004, procurando habilitar e selecionar mais 772,54 MW necessários para atingir os 1100 MW destinados à esta fonte pelo PROINFA. A segunda chamada teve os seguintes resultados:

- Biomassa: Empreendimentos habilitados: 917,97 MW;  
Empreendimentos selecionados: 772,54 MW.

Após esta seleção, novamente ocorreram desistências por parte de empreendimentos a biomassa, fazendo com que o MME então convidasse empreendimentos de outras fontes (eólica e PCH) visando a alcançar os 3.300 MW previstos. O resultado final do programa com relação ao montante de energia contratada para a participação no programa foi:

- PCH's: Empreendimentos contratados: 1.191,24 MW;
- Eólicas: Empreendimentos contratados: 1.422,92 MW;
- Biomassa: Empreendimentos contratados: 685,24 MW.

### **3.7.3 – Discussão e pareceres de produtores e especialistas do setor sucroalcooleiro quanto ao desenvolvimento do PROINFA**

Durante os meses que transcorreram entre a publicação da portaria 45 do Ministério das Minas e Energia (MME), que fixou o Valor Normativo e a assinatura dos contratos de compra e venda de energia com a ELETROBRÁS, várias matérias foram publicadas na imprensa expressando a opinião de produtores e especialistas do setor sucroalcooleiro, mostradas a seguir:

Segundo Moreno<sup>(1)</sup> (2004) “após o anúncio da regulamentação do PROINFA e do preço pago pelo MWh cogeração, R\$ 93,77, o setor sucroalcooleiro poderá investir menos em cogeração... se o valor pago pelo MWh cogeração fosse o esperado, em torno de R\$ 105,00, haveria uma grande tendência das usinas pularem uma etapa no investimento em tecnologia das caldeiras, que deveriam passar dos 21 kgf/cm<sup>2</sup> para 63 kgf/cm<sup>2</sup> triplicando a capacidade de cogeração”.

Para Kitayama<sup>(1)</sup> (2004), “a remuneração de R\$ 93,77 pelo MWh não está dentro do plano de incentivar a cogeração com a biomassa”. Outro ponto que segundo o autor desestimulou as usinas de cana-de-açúcar a participarem do PROINFA é o limite de 20 % de regionalização por estado, uma vez que o estado de São Paulo representa cerca de 60 % da produção nacional de cana-de-açúcar e somente 220 MW podem entrar no programa.

Segundo Koblitz (2004), “não há interesse do mercado em participar do programa. A tarifa está muito baixa para compensar os investimentos em geração”. O autor acredita que para que as usinas de cana-de-açúcar se interessem em participar do programa os valores devam ser revistos para no mínimo R\$ 110,00/MWh, contra os atuais R\$ 93,77/MWh, para o bagaço de cana.

Em matéria publicada no “Jornal A Cidade” (2005) de Ribeirão Preto, é comentado que o preço pago pelo programa é de R\$ 93,00 por MWh, enquanto que o preço considerado viável para as usinas está na faixa de R\$ 120,00 por MWh.

Balbo (2005), produtor de energia em duas usinas na cidade de Ribeirão Preto, cita que as duas usinas possuem hoje contratos de cogeração de longo prazo com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) com valores superiores a R\$ 130,00 o MWh. Segundo o produtor, o PROINFA foi bem elaborado e levou em consideração parâmetros corretos, mas “não vingou” porque a remuneração está abaixo do esperado pelo mercado. Na geração por outras formas de energias alternativas, como a eólica, está indo bem porque a remuneração é adequada, em torno de R\$ 136,00 o MWh. “Se eles pagassem este valor para a cogeração com bagaço de cana, com certeza todos estariam participando”.

Para Silvestrin (2005), o tratamento dado à biomassa no PROINFA foi o principal fator para o desestímulo dos produtores, além do valor econômico estabelecido, o programa tratou a fonte como alternativa de geração. Isso fez com que os produtores não enxergassem uma oportunidade de negócio.

Ripoli (2005), destaca que os mentores do PROINFA (que em tese e conceitualmente trata-se de uma boa iniciativa) cometeram uma aberração quando especificaram preços enormemente diferenciados para a biomassa de cana (bagaço e palhiço) em valores absurdamente inferiores aos propostos para energia eólica, que possui tecnologia importada, gerando empregos na Alemanha, Holanda e outros, não motivando o empresário nacional a modernizar seus sistemas de produção de eletricidade.

Após tentativas frustradas de preencher a cota de 1.100 MW para a fonte biomassa, prevista no PROINFA, o Ministério da Minas e Energia (MME) decidiu contratar com as fontes eólica e PCH a diferença de pouco mais de 414 MW destinados e não preenchidos pela fonte biomassa.

Matéria publicada no Jornalcana (2005) de Ribeirão Preto informa que “... desde a divulgação dos valores para a compra de energia no PROINFA, os empresários alegavam que o valor era baixo e que compensava vender o bagaço como ração para bovinos do que gastar com a implantação de uma central geradora de energia...” No mesmo jornal é informado que “...para o setor, um valor acima de R\$ 110,00 por MWh poderia ter atraído mais usineiros interessados no PROINFA”.

Conforme demonstrado no item 5.1, com os valores pagos pela ELETROBRÁS no PROINFA, os investimentos dos produtores do setor sucroalcooleiro em geração de energia elétrica se amortizam em aproximadamente 7 anos. Tendo em vista que o período de garantia de compra da energia oferecido pelo programa é de 20 anos, o valor de R\$ 93,77 / MWh apresenta-se como compensador pois é suficiente para que o investimento se pague e o produtor tenha ainda 13 anos de lucros garantidos.

Um outro aspecto que se deve considerar é o fato de que a geração de energia elétrica para o setor sucroalcooleiro ser uma oportunidade a mais de negócios, diferente das duas outras fontes previstas no PROINFA onde a geração de energia elétrica é a atividade final, pois para o setor sucroalcooleiro, que tem seu foco principal na produção de açúcar e álcool, a geração de energia elétrica é uma oportunidade que pode surgir com algum investimento, obtendo-se lucro a partir de um resíduo que hoje é simplesmente descartado. Portanto conclui-se que o setor sucroalcooleiro poderia ter aderido mais intensamente ao PROINFA.

### 3.7.4 - Relação dos empreendimentos a biomassa integrantes do PROINFA

Os empreendimentos selecionados pelo Ministério das Minas Energia e que assinaram contratos com a ELETROBRÁS para fazerem parte do PROINFA estão indicados nas Tabelas 3.4 e 3.5.

Tabela 3.4: Contratos da 1ª chamada pública do PROINFA – Fonte Biomassa.

Nº	Usina	Estado	Potência contratada ( MW )
1	Iolando Leite	SE	5,00
2	Mandu	SP	20,20
3	Goiasa	GO	42,52
4	Santa Terezinha	PR	27,54
5	Nova Geração	GO	25,00
6	Cerradinho	SP	50,00
7	Ecoluz	PR	10,00
8	Sonora	MS	16,00
9	Santa Olinda	MS	5,40
10	Brasilândia	MS	8,00
11	Energia Ambiental	PE	30,00
12	Giasa II	PB	20,00
13	Winimport	PR	7,00
14	Jitituba SantoAntonio	AL	15,00
15	Água Bonita	SP	15,80
16	Cocal - Canaã	SP	30,00

Fonte: ELETROBRÁS (2005)

Tabela 3.5: Contratos da 2ª chamada pública do PROINFA – Fonte Biomassa.

Nº	Usina	Estado	Potência contratada ( MW )
	Sta Terezinha – Tapejara	PR	20,56
1	Jalles Machado	GO	12,00
2	Usaciga	PR	40,00
3	Pioneiros	SP	28,40
4	Volta Grande	MG	30,00
5	Ruete	SP	24,40
6	DISA	ES	30,50
7	Maracaí	SP	36,82
8	JB	PE	33,20
9	Coruripe	AL	16,00
	Sidrolândia	MS	15,00
	Sonora	MS	5,00
10	São Luiz	SP	36,00
11	Fatura	SP	29,90

Fonte: ELETROBRÁS (2005)

Potência total contratada para a fonte biomassa dentro do PROINFA = 685,24 MW.



### **3.8 – O PROTOCOLO DE KYOTO E A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO**

Segundo Pearce (2002), a produção de energia é uma atividade normalmente agressiva ao ambiente. Os países que não possuem os recursos hídricos, como os existentes no Brasil, geralmente obtêm a energia para o conforto das populações e para o desenvolvimento de suas atividades econômicas por meio da queima de combustíveis fósseis, que provocam o aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. O autor relata que esta prática se intensificou após a revolução industrial e atingiu níveis ainda maiores, depois da década de 1970, fazendo com que a concentração deste gás na atmosfera passasse de 270 ppm (partes por milhão), na época anterior à revolução industrial, para 370 ppm, nos dias atuais. Esta concentração de dióxido de carbono, juntamente com outros gases, tem intensificado o fenômeno conhecido como efeito estufa. De acordo com o autor este efeito é um fenômeno natural provocado pelos gases conhecidos como Gases do Efeito Estufa (GHG), sigla para *Green House Gas*, que envolvem a Terra e fazem com que parte do calor emitido pelo Sol que chega à superfície terrestre seja retido na atmosfera e mantenham o planeta aquecido. Sem este efeito, a Terra congelaria, porém o problema que enfrentamos atualmente é consequência da intensificação deste fenômeno provocada pelo aumento descontrolado dos Gases do Efeito Estufa na atmosfera, com um consequente aumento da temperatura global. O autor relata ainda que este aquecimento global tem provocado mudanças climáticas cada vez mais intensas causando sérios riscos às populações devido a fenômenos como derretimento de geleiras seguido do aumento do nível dos oceanos, tempestades cada vez mais intensas, desertificações em áreas antes produtivas e um maior número de descargas atmosféricas em determinadas regiões da Terra. Concluindo, é destacado que existem muitas previsões catastróficas ligadas ao aquecimento global se nada for alterado nos padrões do comportamento humano.

Para Scarpinella (2002), o efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a vida na Terra. Este efeito torna a Terra um planeta habitável para nós com uma média de temperatura de 15 °C. Se não houvesse essa camada de gases estufa, a superfície terrestre poderia sofrer grandes variações, dificultando a sobrevivência de muitas formas de vida. Os principais gases causadores do efeito estufa e sua contribuição na atmosfera para este fenômeno são indicadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Contribuição dos Gases do Efeito Estufa (GHG) na atmosfera.

Gás do efeito estufa - GHG	%
Dióxido de carbono – CO <sub>2</sub>	55
Clorofluorcarbono – CFC	20
Metano – CH <sub>4</sub>	15
Óxido Nitroso – N <sub>2</sub> O e outros	10

Fonte: SCARPINELLA, 2002.

O dióxido de carbono apesar de não ser o gás mais nocivo, é o que mais contribui para o efeito estufa devido a sua maior concentração na atmosfera.

Ainda segundo Scarpinella (2002), existem outros gases que provocam o efeito estufa, porém com concentração bem menor na atmosfera, são eles: o hidrofluorcarbono (HFC), perfluorcarbono (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). O autor mostra que a principal atividade humana geradora dos gases conhecidos como Gases do Efeito Estufa é a produção de energia com 57 % das suas emissões.

Pearce (2002) relata que a humanidade vem a cada dia aumentando sua preocupação com os fenômenos ligados às alterações climáticas e um dos primeiros esforços, em âmbito mundial, para tentar barrar estas mudanças ocorreu em 1992 no Rio de Janeiro, quando se realizou a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climática. Naquela convenção as nações industrializadas concordaram em estabilizar suas emissões de poluentes nos níveis de 1990 durante dez anos. Porém, segundo o autor, muitas nações não cumpriram a meta.

Rocha (2003) relata que em 1997 ocorreu um encontro em Kyoto, no Japão, onde se elaborou um documento conhecido como Protocolo de Kyoto, em que os 20 países industrializados mais poluidores (relacionados no Anexo I do protocolo) se comprometiam a reduzir seus níveis de emissão de Gases do Efeito Estufa em 5,2 %, em média, em relação aos níveis de emissão observados em 1990, no período entre 2008 e 2012 (primeiro período do compromisso). Para que os países industrializados conseguissem atingir suas cotas de redução de Gases do Efeito Estufa criou-se um dispositivo chamado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no qual os países em desenvolvimento implantam atividades que subtraem carbono da atmosfera e em troca recebem Certificados de Emissões Reduzidas (CER), conhecidos como créditos de carbono, que então devem ser comercializados com os países industrializados num mercado internacional, conhecido como Mercado de Carbono. O autor destaca ainda que os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), têm um objetivo duplo: a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa e/ou sequestro de carbono e

promover o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro do projeto, e podem ser divididos nas seguintes modalidades:

- Fontes renováveis e alternativas de energia, como as usinas a biomassa;
- Eficiência / conservação de energia, como os projetos de modernização;
- Reflorestamento e estabelecimento de novas florestas. Nesta modalidade estão a maioria dos projetos de seqüestro de carbono.

Para Villanueva (2002), o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é de extrema importância para os países em desenvolvimento, uma vez que é a principal forma de inserção destes países no emergente mercado de Certificados de Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa e a única no âmbito dos Mecanismos do Protocolo de Kyoto.

Macedo (2004) destaca que no caso das usinas de geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar, apesar de ser emitido carbono na fase da queima do combustível, ocorre o seqüestro do carbono da fase do crescimento da cana-de-açúcar e os créditos de carbono são obtidos devido às emissões que são evitadas pela geração de energia elétrica nestas usinas em substituição às usinas térmicas a gás natural ou a óleo combustível, que possuem um balanço de emissões desfavorável. É importante notar que os créditos de carbono obtidos pelas usinas de cana-de-açúcar ocorrem devido às emissões evitadas em substituição às usinas que usam combustíveis fósseis e não pelo seqüestro do carbono presente na atmosfera.

Segundo A United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), (2006), existem atualmente no Brasil vários projetos credenciados, ou em fase de credenciamento, para receberem a classificação de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo como: Usinas termoeletricas a biomassa de arroz, madeira ou de cana-de-açúcar, projetos de reflorestamento, usinas a bio-gás, e pequenas centrais hidroelétricas, entre outros.

Junqueira (2006) destaca que atualmente o Brasil é líder em projetos de créditos de carbono registrados na ONU. “A grande maioria dos programas brasileiros de redução das emissões de carbono envolve projetos de cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Porém, o destaque do país são os projetos que utilizam aterros sanitários”.

Também Orsolon (2006) informa que o Brasil é o país que tem o maior número de projetos registrados na ONU e que grande parte deles é de energia renovável. O autor acrescenta que para gerar créditos um projeto deve atender a alguns requisitos básicos. Um dos principais é que a ação deve ser voluntária, ela tem de contribuir para o desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, reduzir a emissão de gases em relação ao que ocorreria na sua ausência. É a chamada adicionalidade.

Especialistas não são unânimes na aprovação do Protocolo de Kyoto ou do mercado de créditos de carbono. Khalili (2005) afirma que o carbono não pode ser encarado como uma commodity ambiental, pois uma commodity visa ao lucro imediato, algo contrário ao ambiente e mais precisamente à sua conservação. Na verdade, segundo o autor, o mercado de carbono encara a preservação ambiental de uma forma capitalista e questiona: “O mundo todo já tomou o rumo da degradação seguindo este sistema. Há exclusão social e fome por toda parte... Se o mercado financeiro internacional está falido, porque devemos continuar acreditando neste modelo”?

### **3.8.1 – As usinas de cana-de-açúcar e sua participação no mercado de créditos de carbono**

Para que possam pleitear a participação no mercado de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto e receber os Certificados de Emissões Reduzidas (CER), conhecidos como créditos de carbono, as usinas termoelétricas a biomassa de cana-de-açúcar precisam cadastrar-se e receber a aprovação da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), que é a convenção permanente na Organização das Nações Unidas (ONU), encarregada dos estudos referentes à mudança do clima. Esta aprovação é obtida pelo envio de seus projetos para serem analisados e aprovados fazendo com que as usinas sejam classificadas como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Desta forma, cada usina precisa elaborar e apresentar um projeto mostrando seus dados e evidenciando o quanto está contribuindo para evitar a emissão dos Gases de Efeito Estufa (GHG), na atmosfera.

A metodologia que está sendo utilizada pela UNFCCC para a análise dos projetos das usinas termoelétricas a biomassa de cana-de-açúcar é chamada de *Baseline Methodology* (Metodologia da Linha de Base) que é demonstrada, de forma simplificada, na Figura 5 a seguir:



Figura 5 - Metodologia da Linha de Base.

Fonte: Açúcar Guarani (2005).

- A linha tracejada representa as emissões de Gases do Efeito Estufa (GHG), devido à produção e ao consumo de energia elétrica, considerando que esta energia é gerada a partir da queima de combustíveis fósseis e sem a implantação do projeto de cogeração avaliado. A linha decresce porque está previsto que no futuro, com as novas tecnologias mais eficientes já desenvolvidas, a quantidade de carbono emitido deverá diminuir para a mesma quantidade de energia elétrica gerada.
- A linha contínua superior representa a previsão das emissões futuras sem a implantação do projeto de cogeração avaliado e considera além das tecnologias atuais, as novas tecnologias que serão desenvolvidas e deverão diminuir ainda mais as emissões dos Gases do Efeito Estufa (GHG). Esta é a chamada “Linha de Base” considerada para o projeto.
- A linha contínua inferior representa as emissões dos Gases do Efeito Estufa (GHG), após a implantação do projeto de cogeração avaliado. A diferença entre as linhas contínuas superior e inferior determina a quantidade de Certificados de Emissões Reduzidas (CER) a que a usina terá direito caso seu projeto seja aprovado.

A metodologia prevê também que para recebimento dos Certificados de Emissões Reduzidas (CER) o projeto de cogeração seja continuamente monitorado para verificar se as especificações iniciais permanecem sendo atendidas durante todo o tempo de sua vida útil.

### **3.8.2 – Metodologia da Linha de Base para avaliação de um projeto de geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar**

Esta metodologia baseia-se principalmente em dois documentos:

- *Approved baseline methodology - AM0015 / Version 01, Bagasse-based cogeneration connected to an electricity grid* (UNFCCC, 2004). Esta metodologia para verificação e monitoração da Linha de Base foi preparada pela empresa Econergy International Corporation, com base no projeto de cogeração a partir do bagaço de cana-de-açúcar da usina Vale do Rosário, da cidade de Morro Agudo/SP.
- *Toll for the demonstration and assessment of additionality* (UNFCCC, 2004).

Para aplicação desta metodologia o projeto de cogeração deve atender às seguintes condições:

- O bagaço utilizado para a cogeração deve ser fornecido pela mesma usina onde o projeto de cogeração está sendo implantado;
- Deve existir documentação comprovando que o projeto não seria implantado pelo setor público, ou que o setor público não seja dele participante, apesar dos programas de promoção de energias renováveis existentes;
- Com a implementação do projeto não deve ocorrer aumento da produção de bagaço na usina;
- O bagaço utilizado na cogeração não deve ser estocado por mais de um ano.

Deve ser observado que a metodologia em questão não faz menção ao aumento da produção de energia em função do aproveitamento da palha da cana-de-açúcar que hoje, em sua grande maioria, é queimada na lavoura. Prática essa que no estado de São Paulo já possui regulamentação para sua eliminação.

Segundo a UNFCCC (2004), para definição da Linha de Base do projeto deve ser comprovado que sua implantação irá contribuir para a diminuição das emissões de Gases do Efeito Estufa (GHG), a partir da queima de combustíveis fósseis, isto é, no sistema elétrico interligado no qual será despachada a energia elétrica gerada no projeto devem existir usinas baseadas em combustíveis fósseis, que terão sua geração reduzida com a introdução da

energia gerada pelo projeto em análise. O projeto não deve levar em conta as potenciais emissões de metano geradas na armazenagem do bagaço, já que o tempo de armazenagem não é muito longo (menor que um ano), e as emissões de CO<sub>2</sub> geradas pelo seu transporte, por representarem valores muito pequenos, podem ser desprezados. Outras emissões como metano ou óxidos nitrosos gerados pela queima de combustíveis fósseis nos processos da usina também devem ser desprezados.

A aplicação da metodologia prevê o cumprimento de uma série de etapas que serão descritas a seguir:

a- Justificativa da escolha da metodologia: devem ser apresentados os argumentos que comprovem que o projeto atende às condições descritas para aplicação da metodologia;

b- Descrição da aplicação da metodologia ao projeto: apresentação de como o projeto se enquadra dentro das opções previstas na metodologia para a determinação das emissões evitadas;

c- Aplicação das ferramentas previstas no documento *Toll for the demonstration and assessment of additionality* (UNFCCC), (2004) para determinação das condições de elaboração do projeto em relação às exigências da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Esta etapa prevê os seguintes passos para análise:

- Triagem inicial baseada na data de início do projeto. O projeto deve ter sido iniciado após 01/janeiro/2000;
- Identificação das alternativas à implementação do projeto. Quais as opções para a usina de cana-de-açúcar em seu ramo de negócios se comparadas com a implementação do projeto;
- O projeto deve estar de acordo com o cumprimento às leis e normas aplicáveis do país de origem;
- O projeto deve contar com uma análise econômica do investimento;
- Devem ser identificadas e analisadas as principais barreiras que possam dificultar a implementação do projeto proposto;
- Deve também ser feita uma análise comparativa com empreendimentos similares que objetivem serem classificados como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL);
- Devem ser descritos os impactos positivos que serão obtidos com a aprovação do projeto.

d- Definição das mudanças físicas na usina para implementação do projeto. Devem ser descritas quais as mudanças tecnológicas serão implementadas para o aumento da energia elétrica adicional a ser despachada no sistema elétrico. Quais equipamentos (caldeiras e geradores) serão trocados ou implementados, como será feita a interligação ao sistema de distribuição de energia elétrica, quais serão as mudanças efetuadas no processo produtivo. Estas mudanças devem ter em vista as condições técnicas para classificação do projeto, que são, a produção local do bagaço, o não aumento do bagaço gerado para a produção adicional de energia elétrica e o tempo de estocagem do bagaço menor que um ano;

e- Cálculo das emissões reduzidas. O projeto deve conter os cálculos que demonstrem os valores previstos das reduções de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante sua vida útil de operação, bem como uma descrição dos dados para a obtenção destes valores como, quantidade de energia elétrica gerada e quantidade de dióxido de carbono evitado (não emitida) por MWh (mega watt hora) gerado;

f- Monitoramento dos valores previstos. Também deve ser incluído no projeto uma descrição de como os valores previstos de energia elétrica gerada e de reduções de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) serão monitorados, armazenados e controlados. Desta forma, o projeto poderá ser objeto de auditorias para verificação do cumprimento das metas previstas;

g- O projeto também deve contar com os dados institucionais da usina como: localização, histórico, identificação das pessoas de contato e responsáveis pela elaboração e implementação do projeto.

A partir do cumprimento destas condições o projeto é submetido a análise e comentários. Sendo aprovado, é classificado como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a empresa que o instalou passa a receber os Certificados de Emissão Reduzida (CER), e pode negociá-los no mercado internacional.

Em UNFCCC (2006) se observa que até junho de 2006 existiam 44 usinas no Brasil com projetos registrados (aprovados ou em aprovação) com objetivo de obter a classificação como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para participarem do mercado de créditos de carbono, estas usinas estão relacionadas no ANEXO V.

### **3.8.3 - O balanço das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GHG) na produção e utilização da cana-de-açúcar**

Segundo Macedo *et all* (2004), a agroindústria canavieira é apontada como importante atividade na produção de energia e na mitigação de Gases do Efeito Estufa (GHG), devido a seus produtos energéticos serem utilizados em substituição aos combustíveis fósseis



(derivados de petróleo e carvão) e ao gás natural. Além da produção de álcool, o processamento da cana-de-açúcar para a produção de álcool e de açúcar resulta na geração do bagaço, esse resíduo também representa um diferencial ambiental positivo na medida em que vem sendo aproveitado pelo setor como fonte de energia para a produção de calor industrial e de energia elétrica substituindo o uso de derivados de petróleo e incrementando o potencial de redução da emissão de gases de efeito estufa. Porém, segundo o autor, no plantio, na colheita, no transporte, no processamento e no uso dos produtos da cana-de-açúcar são consumidas grandes quantidades de energia e gerados os GHG, portanto, é necessário um estudo comparativo para que se conheça o balanço energético e a real situação da emissão e seqüestro destes gases.

Os dados seguintes baseiam-se em estudo elaborado por Macedo *et al* (2004) para a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e é feita uma comparação entre a energia consumida na produção de cana-de-açúcar e etanol versus a energia gerada pelo etanol e pelo bagaço excedente. São apresentadas três tabelas: a Tabela 3.7 traz os valores da energia consumida na produção de cana-de-açúcar, a Tabela 3.8 mostra a energia consumida na produção do etanol e a Tabela 3.9 apresenta a comparação entre os dados das duas primeiras tabelas, confrontados com a energia produzida pelo etanol e pelo bagaço da cana-de-açúcar. Os dados são válidos para os processos atualmente utilizados em de São Paulo.

Não foram incluídos na análise os dados de consumo de energia na produção de açúcar, por ser este um produto energético apenas para consumo humano.

Tabela 3.7: Consumo de energia na produção de cana-de-açúcar.

Insumo agrícola e aplicação		Consumo de energia ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>	
		Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Consumo total na produção de cana-de-açúcar		48.208	45.861
Combustível (diesel)	Total	19.358	17.817
	Operação agrícola	9.097	9.097
	Transporte	10.261	8.720
Outros insumos	Total	21.880	21.074
	Fertilizantes	15.890	15.152
	Calcário	1.706	1.706
	Herbicidas	2.690	2.690
	Inseticidas	190	190
	Mudas	1.404	1.336
Equipamentos	Total	6.970	6.970

Fonte: Macedo *et al*, 2004.

(1) kcal/TC = kilo caloria / Tonelada de cana-de-açúcar.

(2) Na coluna “Média” estão as médias de consumo de energia e insumos. Na coluna “Melhor Valor” estão os melhores valores praticados (valor mínimo de consumo com o uso da melhor tecnologia praticada).

Tabela 3.8: Consumo de energia na produção de etanol.

Insumo industrial	Consumo de energia ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>	
	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Consumo total na produção de etanol	11.800	9.510
Energia elétrica	Total	0
Produtos químicos e lubrificantes	Total	1.520
Construção e manutenção	Total	10.280
	Edificações	2.860
	Equipamentos pesados	3.470
	Equipamentos leves	3.950

Fonte: Macedo *et al*, 2004.

(1) kcal/TC = kilo caloria / Tonelada de cana-de-açúcar.

(2) Na coluna “Média” estão as médias de consumo de energia e insumos. Na coluna “Melhor Valor” estão os melhores valores praticados (valor mínimo de consumo com o uso da melhor tecnologia praticada).

Tabela 3.9: Balanço de energia na produção e utilização de cana-de-açúcar e etanol.

Atividade de produção	Consumo de energia ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>	
	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Consumo total de energia	60.008	55.371
Produção de cana-de-açúcar	48.208	45.861
Produção de etanol	11.800	9.510

Produto	Produção de energia ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>	
	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Produção total de energia	499.400	565.700
Etanol	459.100	490.100
Bagaço excedente	40.300	75.600

Balanço energético total	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Diferença: Produção – Consumo	439.392 ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>	510.329 ( kcal/TC ) <sup>(1)</sup>
Relação: Produção / Consumo	8,32 (adimensional)	10,22 (adimensional)

Fonte: Macedo *et al*, 2004.

(1) kcal/TC = kilo caloria / Tonelada de cana-de-açúcar.

(2) Na coluna “Média” estão as médias dos valores encontrados para o consumo (de energia e insumos) e para a produção de energia. Na coluna “Melhor Valor” estão os melhores valores praticados (valor mínimo de consumo e valor máximo de energia produzida com o uso da melhor tecnologia praticada).

Os dados apresentados por Macedo *et al* (2004) mostram uma relação favorável entre a energia produzida e a consumida no processo de produção do etanol. Como será demonstrado no item 3.8.4, esta relação poderia ser ainda melhor caso a cana-de-açúcar estivesse sendo colhida sem queima (ou com queima parcial) e a biomassa excedente estivesse sendo totalmente utilizada para geração de energia elétrica. Os autores consideram que para análise do fluxo de Gases do Efeito Estufa na produção e utilização da cana-de-açúcar e seus derivados, as emissões devem ser divididas em 4 grupos:

- Grupo 1: Emissões associadas à fixação de carbono atmosférico por fotossíntese e à sua liberação gradual por oxidação dentro do ciclo de produção e utilização dos produtos da cana-de-açúcar. Segundo Macedo *et al* (2004) “este conjunto de fluxos é praticamente neutro, pois se admite que todo o carbono fixado é liberado novamente dentro do ciclo de produção da cana-de-açúcar e na utilização final do etanol e do bagaço”.

- Grupo 2: Fluxos associados aos usos de combustíveis fósseis na produção de todos os insumos agrícolas e industriais para a produção de cana e etanol, também na produção de equipamentos (agrícolas e industriais) e na construção de prédios e instalações. Segundo Macedo *et al* (2004) “esses fluxos são negativos, pois contribuem para o aumento das emissões”.

- Grupo 3: Fluxos não associados ao uso de combustíveis fósseis. São principalmente o óxido nitroso ( $N_2O$ ) e o metano ( $CH_4$ ). Segundo Macedo *et al* (2004) “esses fluxos também são negativos, pois contribuem para o aumento das emissões”.

- Grupo 4: Fluxos chamados “virtuais”, que correspondem às emissões de Gases do Efeito Estufa (GHG) que ocorreriam na ausência de etanol e do bagaço excedente em substituição à gasolina automotiva e ao óleo combustível. Esses fluxos são positivos.

Considerando esses quatro grupos de emissões, o balanço dos de Gases do Efeito Estufa (GHG) na produção e utilização da cana-de-açúcar é mostrado na Tabela 3.10:

Tabela 3.10: Balanço dos Gases do Efeito Estufa (GHG), na produção e utilização dos produtos energéticos da cana-de-açúcar.

Emissões de GHG	Valores ( kg CO <sub>2</sub> eq/TC) <sup>(1)</sup>	
	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Total de emissões	34,5	33,0
Combustíveis fósseis	19,2	17,7
Metano e N <sub>2</sub> O, queima da palha	9,0	9,0
N <sub>2</sub> O do solo	6,3	6,3
<hr/>		
Emissões Evitadas de GHG	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Total de emissões evitadas	Etanol anidro → 255,0	Etanol anidro → 282,3
	Etanol hidratado → 181,9	Etanol hidratado → 204,1
Uso de bagaço excedente	12,5	23,3
Uso de etanol	Etanol anidro → 242,5	Etanol anidro → 259,0
	Etanol hidratado → 169,4	Etanol hidratado → 180,8
<hr/>		
Balanço final	Média <sup>(2)</sup>	Melhor valor <sup>(2)</sup>
Emissões Evitadas – Emissões	Etanol anidro → 220,5	Etanol anidro → 249,3
	Etanol hidratado → 147,4	Etanol hidratado → 171,1

Fonte: Macedo *et al.*, 2004.

(1) kg CO<sub>2</sub>eq/TC = quilograma de CO<sub>2</sub> equivalente por Tonelada de Cana.

(2) Na coluna “Média” estão as médias dos valores encontrados para as emissões e para as emissões evitadas. Na coluna “Melhor Valor” estão os melhores valores encontrados (valor mínimo de emissões e valor máximo de emissões evitadas).

Pelos dados acima se observa que a agroindústria canavieira não contribui para o seqüestro de carbono da atmosfera, pois todo o carbono retirado da atmosfera durante a fase de crescimento da planta é depois devolvido à atmosfera, na fase de utilização dos produtos da cana, porém, contribui para a redução dos Gases do Efeito Estufa (GHG) por meio das emissões evitadas, pois os produtos energéticos da cana-de-açúcar (etanol e bagaço excedente) substituem combustíveis fósseis e o gás natural, que são emissores destes gases, impedindo que novas emissões ocorram na atmosfera.

### **3.8.4 – Possibilidades de aumento na mitigação dos Gases do Efeito Estufa (GHG) pela agroindústria canavieira**

Nos últimos anos a agroindústria canavieira vem promovendo investimentos em seu parque industrial e com isso aumentando sua participação na mitigação dos Gases do Efeito Estufa (GHG). Essa participação vem ocorrendo basicamente de três formas:

- Aumento da produção de etanol pelo aumento da área plantada e das indústrias. Existem hoje 30 projetos em fase de implantação no Brasil (ProCana<sup>(2)</sup>, 2005);
- Aumento da Biomassa disponível para substituição de combustíveis fósseis. Para atender a esta possibilidade, além do aumento da área plantada, a outra medida é a redução da queima da cana para a colheita com utilização da palha como biomassa para geração de energia elétrica nas usinas. No estado de São Paulo esta prática está regulamentada pela Lei Estadual nº 11.241 de 19/setembro/2002 e Decreto Federal nº 2661 de 08/julho/1998;
- Aumento na eficiência das usinas geradoras de energia elétrica pela biomassa por meio da implementação de equipamentos mais modernos e eficientes como as caldeiras de alta pressão em ciclo combinado e geradores de melhor rendimento.

Dessas possibilidades a que traria maior impacto ambiental positivo seria o aumento da biomassa através da redução (ou eliminação) da queima na colheita da cana-de-açúcar. Esta prática, no entanto, apesar de já regulamentada por lei, exige um investimento na aquisição de equipamentos (colheitadeiras) que são necessários para a colheita da cana crua.

Campos (2003), comparando os manejos da cana-de-açúcar com e sem queima concluiu que “em um período de 3 anos no Latossolo Vermelho ocorreu uma mitigação das emissões dos gases do efeito estufa de cerca de 5 Mg C-CO<sub>2</sub> há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Desta forma, pode-se concluir que o sistema de manejo de colheita sem a queima prévia do canavial pode atuar de maneira significativa no seqüestro de carbono, aumentando a eficiência do agrossistema da cana-de-açúcar”.

Em Macedo (2000), verificou-se que 55 % da cana-de-açúcar plantada no estado de São Paulo poderia ser colhida crua e que esta porcentagem pode variar de região para região; porém, esta estimativa é considerada como possível de se obter.

Duas principais hipóteses foram estudadas para a colheita da cana crua visando analisar a mitigação dos Gases do Efeito Estufa (GHG):

- 1 – Corte da cana picada e transporte de 100 % da palha;
- 2 – Corte da cana picada e transporte de 50 % da palha, sendo o restante deixado no campo como cobertura vegetal.

Os resultados dos casos estudados estão mostrados na tabela 3.11.

Tabela 3.11: Variação total nas Emissões de CO<sub>2</sub> com o uso da palha da cana-de-açúcar como combustível (considerando 55% da área plantada colhida sem queima).

Hipótese	Aumento do consumo de diesel na produção kg CO <sub>2</sub> eq/TC <sup>(1)</sup>	Substituição de combustível fóssil kg CO <sub>2</sub> eq/TC <sup>(1)</sup>	Substituição Total kg CO <sub>2</sub> eq/TC <sup>(1)</sup>	Total para o Brasil considerando uma produção total de 300 x 10 <sup>6</sup> TC/ano 10 <sup>9</sup> T CO <sub>2</sub> /ano <sup>(2)</sup>
1 - Corte da cana picada e transporte de 100% da palha	+ 7,3	- 139	- 131,7	- 39,5
2 - Corte da cana picada e transporte de 50% da palha	+ 2,3	- 87,5	- 85,2	- 25,6

Fonte: Macedo, 2000.

<sup>(1)</sup> kg CO<sub>2</sub>eq/TC = kilograma de CO<sub>2</sub> equivalente por Tonelada de cana.

<sup>(2)</sup> T CO<sub>2</sub>/ano = Tonelada de CO<sub>2</sub> por ano.

## **4 – MATERIAL E MÉTODOS**

Neste capítulo são apresentados os procedimentos utilizados na realização da pesquisa de campo. A forma como o material de pesquisa foi elaborado e aplicado é indicada objetivando uma análise dos dados para a posterior discussão dos resultados.

A pesquisa de campo foi desenvolvida no período de dezembro de 2005 a maio de 2006 e a região abrangida pela mesma foi o estado de São Paulo. Foi elaborado um formulário para a coleta de dados e posteriormente apresentado aos proprietários e executivos de usinas de cana-de-açúcar do estado. Desta forma, levantaram-se as informações sobre as empresas, o que possibilitou avaliar o pensamento predominante dos empresários e da alta administração do setor. Foram consultadas 22 empresas representando cerca de 15 % das usinas do estado de São Paulo onde, de acordo com a UNICA (2006), existem atualmente 144 usinas em operação.

### **4.1 – Seleção das usinas para a pesquisa**

Devido ao grande número de usinas de açúcar e álcool existentes no estado de São Paulo, optou-se por selecionar uma amostra representativa extraída do universo das usinas do estado para realização da pesquisa. Para esta seleção e aplicação do formulário, foram analisados dados das empresas obtidos a partir dos sites UNICA (2006), JORNALCANA (2006) e UDOP (2006).

Segundo a UNICA (2006), a capacidade de produção das usinas do estado variou de 42,1 mil até 7,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processada na safra 2005 / 2006. Tendo em vista esta variação, foram selecionadas para a pesquisa usinas que tiveram nesta mesma safra uma produção variando entre 430 mil e 7,1 milhões de toneladas, enquadrando-se nesta faixa cerca de 90 % das usinas do estado de São Paulo.

O número de colaboradores também é um dado de grande variação entre as usinas. Assim sendo, para esta pesquisa foram selecionadas as que possuem entre 150 e 850 colaboradores atuando em sua área industrial, atingindo empresas de portes variados.

Considerando que o foco principal deste trabalho trata da relação entre a produção de biomassa pelas usinas e seu aproveitamento na produção de energia elétrica, optou-se também por selecionar para a pesquisa tanto usinas que já comercializam energia elétrica quanto as que não comercializam, de maneira a tornar a pesquisa representativa nos dois grupos.

Considerando-se que tanto o PROINFA quanto o mercado de créditos de carbono foram dois fatores que contribuíram para a discussão sobre o tema da geração de energia

elétrica nas usinas de cana-de-açúcar nos últimos anos, se decidiu por incluir na pesquisa usinas que optaram ou não em participar destes mercados.

As usinas pesquisadas neste trabalho estão distribuídas nas regiões central, norte e oeste do estado de São Paulo, pois estas são as principais regiões produtoras de açúcar e álcool no estado. A figura 6 mostra a localização aproximada das usinas que participaram da pesquisa.



Figura 6 – Estado de São Paulo. Localização aproximada das usinas pesquisadas.

#### 4.2 – Material de pesquisa – Instrumento para coleta dos dados

Tendo em vista que os objetivos da pesquisa foram determinados procurando-se analisar a utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte alternativa na geração de energia elétrica, a pesquisa foi realizada pela consulta direta às usinas, por meio de formulário, que permitiu ao entrevistado manifestar suas opiniões, pontos de vista e argumentos sobre o tema.



Um formulário de pesquisa é um conjunto de questões feitas para coletar os dados necessários para se atingir os objetivos do projeto. Embora nem todos os projetos de pesquisa utilizem esta forma como instrumento de coleta de dados, a elaboração do formulário é muito importante na pesquisa científica. Não foi seguida uma metodologia padrão para a elaboração do formulário desta pesquisa, porém as seguintes etapas foram previstas:

- Identificação do profissional consultado: Inicialmente colheram-se os dados referentes ao profissional consultado e sua posição na empresa;
- Informações da pesquisa: As informações foram solicitadas de forma clara e numa seqüência que partiu dos temas gerais para os mais específicos abordados pela pesquisa.

O formulário elaborado para a pesquisa deste trabalho inicia-se com as questões mais simples, evitando-se pontos polêmicos, passando gradativamente para as questões classificadas como de maior complexidade e mais especificamente ligadas ao tema do trabalho. Procurou-se evitar questões que envolvessem respostas longas e que pudessem dispersar o foco da pesquisa. O formulário foi composto por 15 questões, que em sua análise foram agrupadas conforme abaixo, permitindo uma interpretação objetiva:

- Caracterização das usinas. Objetivou-se caracterizar as usinas com base em sua capacidade de produção, produção de energia elétrica, número de colaboradores e os custos para a geração de energia elétrica;
- Utilização e destinação da biomassa. Investigou-se qual o tipo de biomassa (bagaço e / ou palhico) a usina utiliza atualmente para a produção de energia elétrica, qual o destino e o custo dado à biomassa excedente;
- A situação atual da atividade de geração de energia elétrica na usina. Objetivou-se saber se a usina já comercializa energia elétrica e como esta atividade é vista pela empresa;
- Tendências para a atividade de geração de energia elétrica na usina. Teve por finalidade saber se a usina planeja aumentar sua produção de energia elétrica a partir da biomassa, qual a motivação para este aumento e seu interesse pela participação no PROINFA, e no mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto.

O formulário utilizado na pesquisa encontra-se no ANEXO I.

### **4.3 – Método de execução da pesquisa**

Após a seleção, as empresas foram contatadas por telefone para obtenção da concordância em participarem da pesquisa. Depois de recebido o aceite para a participação e tendo obtido o acesso aos profissionais determinados pelas empresas o formulário foi enviado por correio eletrônico.

Os profissionais que responderam à pesquisa foram diretores, gerentes e supervisores da área industrial. Em apenas uma usina foi feita entrevista pessoalmente com um de seus proprietários.

Para todos os consultados foi assegurado o sigilo com relação à identificação das empresas e dos informantes, garantido que as informações recebidas seriam utilizadas apenas com a finalidade acadêmica.

A apresentação e análise dos dados recebidos encontram-se no capítulo 5, sendo as conclusões apresentadas no capítulo 6.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos na pesquisa de campo são apresentados e discutidos a seguir. Os resultados foram agrupados para que fossem analisados de acordo com os objetivos do trabalho, tendo como base as quatro divisões apresentadas no capítulo anterior:

- Caracterização das usinas;
- Utilização e destinação da biomassa;
- A situação atual da atividade de geração de energia elétrica nas usinas;
- Tendências para a atividade de geração de energia elétrica nas usinas.

### 5.1 - Caracterização das usinas

As usinas pesquisadas apresentaram grande variação nos dados coletados com relação à produção de cana-de-açúcar, número de colaboradores, produção e custos de energia elétrica. Os dados estão na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Características das usinas pesquisadas.

Usina	Produção na safra 2005 / 2006 ( 1000 ton )	Capacidade de produção de energia elétrica ( MW )	Número de colaboradores na área industrial	Custo de geração de energia elétrica ( R\$ / MWh )
A	431	2,4	150	Não informou
B	611	10,0	300	Não informou
C	785	2,4	240	Não informou
D	802	4,7	200	Não informou
E	826	3,0	230	Não informou
F	1.137	7,5	656	Não informou
G	1379	28,0	300	Não informou
H	1.403	5,8	207	Não informou
I	1.438	22,4	300	Não informou
J	1.658	25,0	180	R\$ 41,79
K	2262	26,0	563	Não informou
L	2.286	8,0	272	Não informou
M	2.408	58,2	232	Não informou
N	2.582	7,6	420	Não informou
O	2.882	22,5	850	R\$ 31,00
P	3.134	8,1	220	Não informou
Q	3.166	64,9	406	Não informou
R	3.308	48,0	650	Não informou
S	3.555	24,6	496	Não informou
T	3.910	40,0	475	R\$ 76,00
U	5.337	58,0	500	R\$ 65,00
V	7.133	19,0	500	R\$ 30,00

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

Algumas usinas não forneceram o valor referente ao custo da energia elétrica produzida por tratar-se de informação confidencial para as empresas, porém outras usinas informaram que não possuem estes dados, retratando uma situação de desinteresse ou despreparo destas usinas para com esta atividade.

Procurou-se analisar as informações obtidas e verificar como se relacionam os dados referentes à produção (de cana-de-açúcar e de energia elétrica), ao número de trabalhadores e ao custo da energia elétrica produzida para identificar se estes itens obedecem a alguma regra nas usinas pesquisadas.

Na primeira análise, comparou-se a produção de cana-de-açúcar moída na safra 2005/2006, obtida em UNICA (2006), com os dados obtidos na pesquisa de campo sobre a capacidade de produção de energia elétrica nestas usinas.

Conclui-se que não existe uma relação entre as duas produções e confirma-se a existência de biomassa de cana-de-açúcar (bagaço e palhiço) excedente nas usinas de São Paulo, que poderia ser utilizada para a geração de energia elétrica, pois se usinas que processam menos cana-de-açúcar têm bagaço suficiente para uma maior produção de energia elétrica, certamente naquelas que processam mais cana, o bagaço resultante do processo de produção não está sendo totalmente utilizado na produção de energia elétrica. A Figura 7 apresenta a comparação entre a produção de cana-de-açúcar na safra 2005/2006 e a capacidade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas.

Na segunda análise compararam-se os dados relativos ao número de colaboradores na área industrial das usinas com sua produção de energia elétrica, observando-se que também não existe uma relação direta entre esses dados, constatando-se que não existe uma regra entre o porte de uma usina e sua produção de energia elétrica. Esta comparação está indicada na Figura 8.

Das análises acima descritas conclui-se que atualmente a produção de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool do Estado de São Paulo e sua comercialização dependem mais do interesse do produtor em investir neste mercado que da quantidade de cana-de-açúcar processada ou do porte da usina.

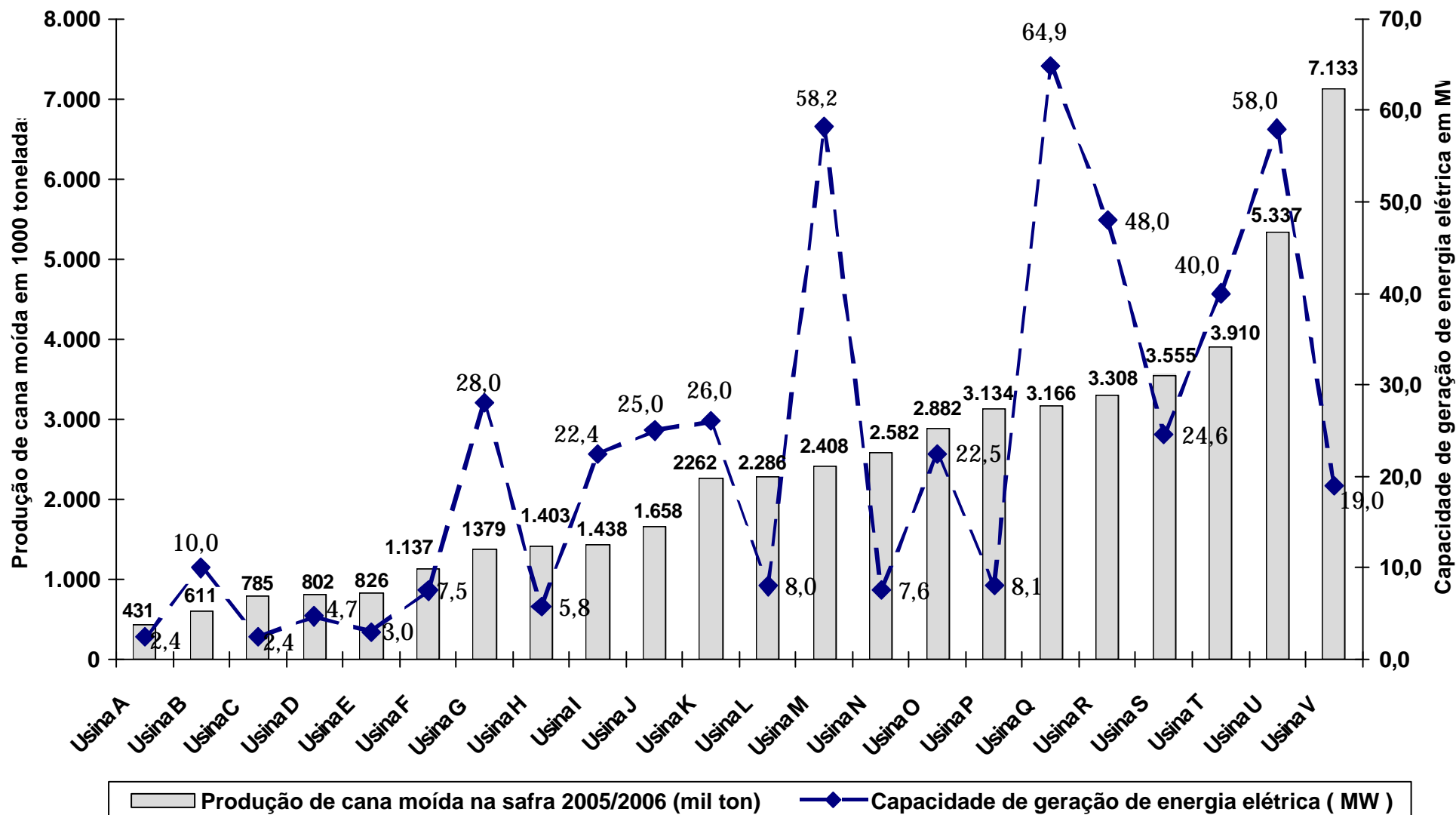


Figura 7: Produção de cana moída na safra 2005 / 2006 e capacidade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas.

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

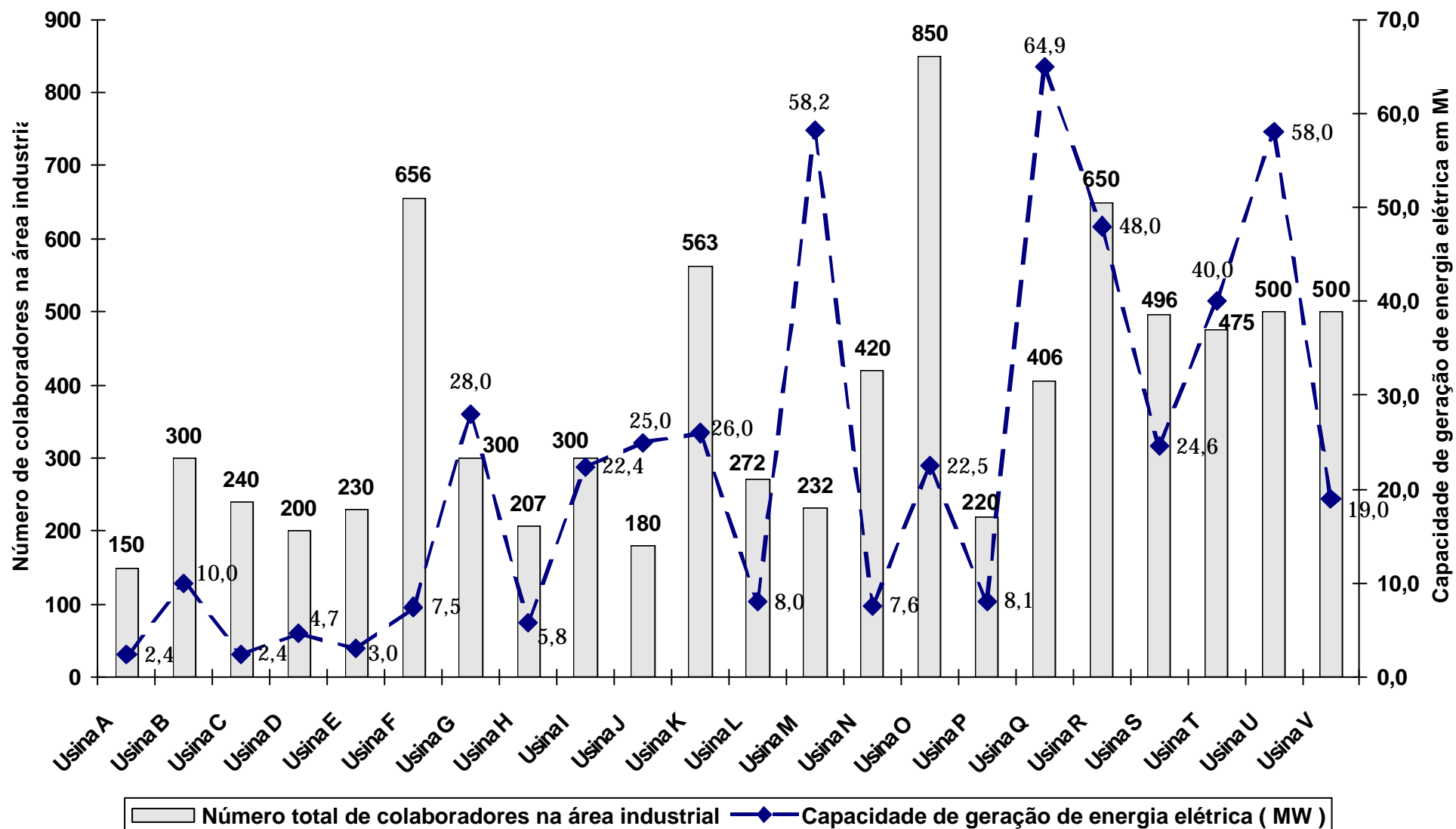


Figura 8: Número total de colaboradores na área industrial e capacidade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas.

O custo para a produção de energia elétrica é um dado que não foi fornecido por 77 % das usinas pesquisadas. Entretanto, 23 % das usinas informaram que nem mesmo possuem estes dados. Pode-se observar, na seqüência deste capítulo, que este porcentual é próximo ao das usinas que informaram não ter interesse na produção comercial de energia elétrica, o que pode demonstrar que as usinas menos estruturadas são aquelas que têm menor interesse por estas atividade.

Apenas 05 usinas (23 % das pesquisadas) informaram o custo do MWh (Megawatt x hora) produzido. Estes dados estão apresentados na Figura 9 e comparados com os dados de produção de energia elétrica e produção de cana-de-açúcar na safra 2005 / 2006.

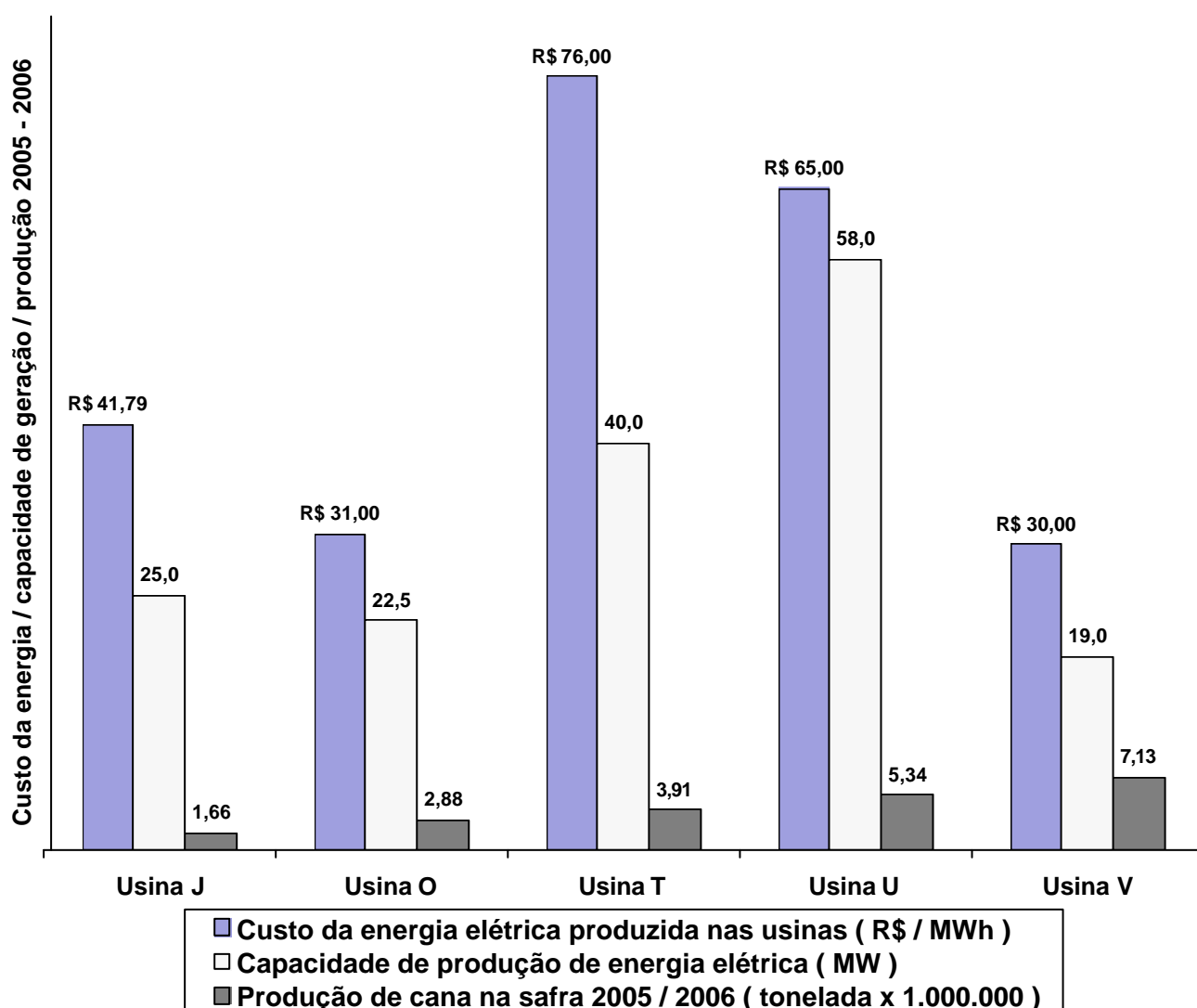


Figura 9: Custo da energia elétrica produzida nas usinas pesquisadas (R\$ / MWh), quantidade de cana-de-açúcar processada na safra 2005 / 2006 e capacidade de produção de energia elétrica.

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

Observa-se, que em todas as usinas que forneceram a informação sobre o custo do MWh que o valor está abaixo de R\$ 83,58 / MWh que é valor mínimo oferecido pelo PROINFA para a geração de energia elétrica a partir da biomassa.

Com a finalidade de avaliar o tempo de retorno dos investimentos em geração de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool, tomamos como base o valor de R\$ 48,76 / MWh, que é a média dos valores informados pelas usinas J, O, T, U e V. Comparando-se com o valor máximo fixado pela ELETROBRÁS para compra da energia elétrica produzida por biomassa, no PROINFA, (R\$ 93,77 / MWh) e com os custos de modernização informados em 3.5.2, que são, em média, R\$ 1.593.333,00 / MW instalado, conclui-se de forma simplificada que para amortização dos investimentos no aumento da capacidade de geração de energia elétrica nas usinas de cana-de-açúcar seria necessário um período de aproximadamente 35.399 horas de operação. Considerando-se ainda que a operação das usinas de açúcar e álcool ocorre, em média sete meses por ano, durante 24 horas por dia, num total de 5.040 horas anuais, conclui-se que o investimento em geração de energia elétrica levará aproximadamente 7,02 anos para ser amortizado, isso sem levar em conta os juros para financiamento do investimento.

De acordo com Paletta (2004), em um estudo de caso da Destilaria Pindorama no estado de Alagoas, onde foram considerados os juros para financiamento do investimento da ampliação da capacidade de geração de energia elétrica, o período para a amortização seria inferior a 11 anos.

Comparando-se estes valores com as regras do PROINFA, um tempo de amortização de 7,02 anos ou de 11 anos, apesar de longo pode ser considerado satisfatório, pois de acordo com o programa, as usinas que assinaram contratos com a ELETROBRÁS têm a venda da energia garantida por 20 anos, assegurando desta forma o retorno do investimento e ainda um bom período de lucros garantidos.



## 5.2 - Utilização e destinação da biomassa

Os dados relativos ao tipo da biomassa utilizada na geração de energia elétrica e à destinação do bagaço da cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Utilização e destinação da biomassa da cana-de-açúcar nas usinas pesquisadas

Usina	Produção na safra 2005 / 2006 ( 1000 ton )	Biomassa utiliza da na geração de energia elétrica	Destinação dada ao bagaço da cana de açúcar
A	431	Apenas bagaço	Apenas a queima
B	611	Apenas bagaço	Apenas a queima
C	785	Apenas bagaço	Apenas a queima
D	802	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
E	826	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
F	1.137	Palhiço e bagaço	Queima e venda do excedente
G	1379	Apenas bagaço	Apenas a queima
H	1.403	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
I	1.438	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
J	1.658	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
K	2262	Apenas bagaço	Apenas a queima
L	2.286	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
M	2.408	Apenas bagaço	Apenas a queima
N	2.582	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
O	2.882	Apenas bagaço	Apenas a queima
P	3.134	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
Q	3.166	Palhiço e bagaço	Apenas a queima
R	3.308	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
S	3.555	Palhiço e bagaço	Apenas a queima
T	3.910	Apenas bagaço	Apenas a queima
U	5.337	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente
V	7.133	Apenas bagaço	Queima e venda do excedente

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

Quase todas as usinas pesquisadas informaram que a eliminação do bagaço da cana-de-açúcar não representa custo algum em seu processo produtivo, sendo que algumas declararam ainda, que a eliminação do bagaço é uma fonte adicional de renda para a empresa. Como exceção, apenas a usina T declarou que existe um custo de R\$ 2,00 por tonelada para a eliminação do bagaço da cana-de-açúcar referente ao seu carregamento. Observa-se que esta usina é a mesma que informou o valor mais elevado do MWh para a produção de energia elétrica, evidenciando que esta usina possui uma avaliação mais criteriosa de seus custos.

Mesmo com a proibição gradativa das queimadas para o despalhamento da cana-de-açúcar antes da colheita, prevista na Lei Estadual nº 10.547/2000, observou-se que atualmente poucas usinas utilizam o palhiço para a produção de energia elétrica.

A Figura 10 apresenta a porcentagem das usinas pesquisadas que utilizam o palhiço na produção de energia elétrica, mostrando que sua utilização ainda pode crescer muito como fonte primária na geração de energia elétrica.

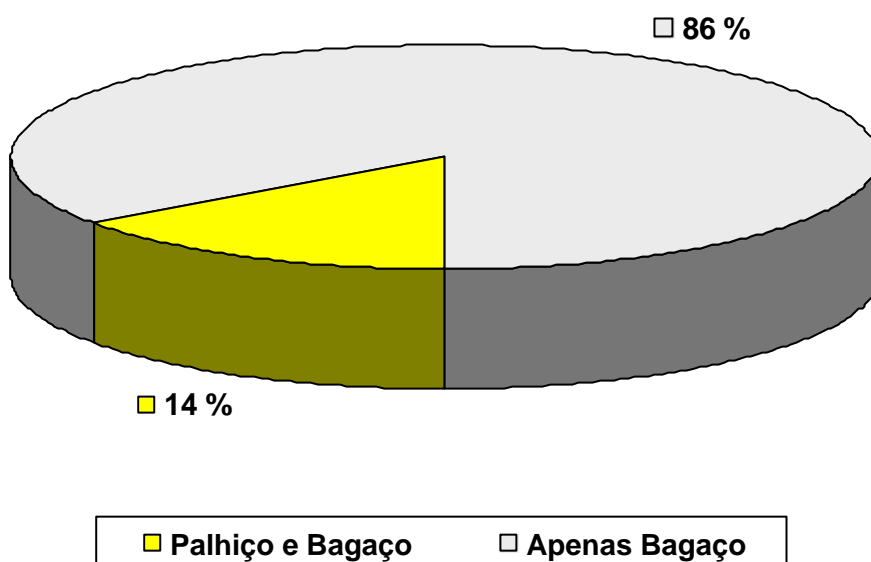


Figura 10: Porcentagem das usinas pesquisadas que utilizam palhiço e/ou bagaço da cana-de-açúcar na geração de energia elétrica.

As usinas F, Q e S que utilizam o palhiço na produção de energia elétrica pertencem a um mesmo grupo empresarial que demonstra interesse na atividade de comercialização de energia elétrica.

Quanto ao destino dado ao bagaço da cana-de-açúcar resultante da produção, 45 % das usinas pesquisadas queima todo o bagaço gerado e 55 % queima e também vende parte do bagaço excedente para outras empresas.

Observa-se desta análise que a eliminação do bagaço e do palhiço da cana-de-açúcar não representa um problema na operação das usinas, não sendo necessários grandes recursos para sua eliminação, o que se por um lado significa uma vantagem para as usinas, por outro também não estimula que se façam investimentos para sua utilização como matéria prima na geração comercial de energia elétrica. Portanto, se os preços pagos pelo MWh gerado não forem suficientes para estimular que os produtores façam investimentos em geração de energia elétrica, a eliminação da biomassa também não será motivo suficiente para estes investimentos.

### 5.3 - A situação atual da atividade de geração de energia elétrica nas usinas

Pelos dados aqui apresentados é possível verificar como se desenvolve atualmente a atividade de geração de energia elétrica nas usinas pesquisadas. Na Tabela 5.3, além das informações sobre a comercialização da energia elétrica, apresenta-se também a opinião das empresas com relação a esta atividade e a relação das empresas-cliente na venda de energia elétrica.

Tabela 5.3: Comercialização de energia elétrica pelas usinas pesquisadas

Usina	Produção na safra 2005 / 2006 ( 1000 ton )	Venda de energia elétrica	Opinião da empresa com relação à produção de energia elétrica	Empresas-cliente das usinas na venda de energia elétrica.
A	431	Não	Redução de custos	-
B	611	Não	Oportunidade de negócios	-
C	785	Não	Redução de custos	-
D	802	Não	Redução de custos	-
E	826	Não	Oportunidade de negócios	-
F	1.137	Não	Oportunidade de negócios	-
G	1379	Sim	Oportunidade de negócios	ELETROBRÁS
H	1.403	Não	Oportunidade de negócios	-
I	1.438	Não	Redução de custos	-
J	1.658	Não	Redução de custos	-
K	2262	Sim	Oportunidade de negócios	CEMAT
L	2.286	Não	Oportunidade de negócios	-
M	2.408	Sim	Oportunidade de negócios	ELETROBRÁS
N	2.582	Não	Oportunidade de negócios	-
O	2.882	Sim	Oportunidade de negócios	PARANAPANEMA
P	3.134	Não	Redução de custos	-
Q	3.166	Sim	Oportunidade de negócios	CPFL
R	3.308	Sim	Oportunidade de negócios	CPFL
S	3.555	Sim	Oportunidade de negócios	CPFL
T	3.910	Sim	Oportunidade de negócios	CPFL
U	5.337	Sim	Oportunidade de negócios	CPFL
V	7.133	Não	Oportunidade de negócios	-

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

A comercialização de energia elétrica já é realizada atualmente por 41 % das usinas pesquisadas. Porém, a maioria delas (73 %) afirmou que a atividade é considerada como uma oportunidade de novos negócios para a empresa sendo que as demais encaram esta produção apenas como redução de seus custos. As Figuras 11 e 12 mostram a posição das usinas pesquisadas quanto a estas questões.

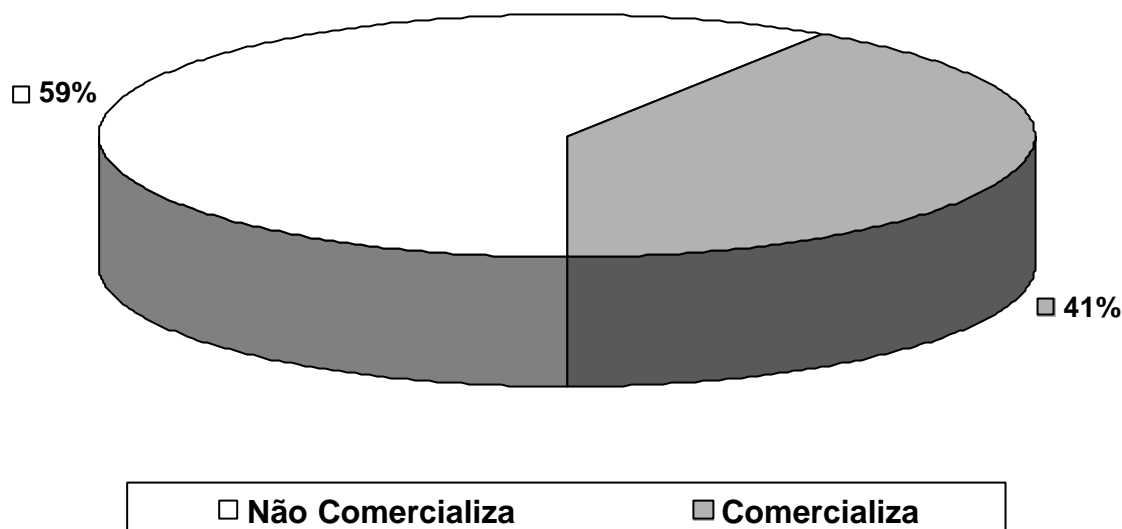


Figura 11: Porcentagem das usinas pesquisadas que comercializam energia elétrica excedente.

Alguns grupos empresariais do setor sucroalcooleiro têm em suas empresas departamentos que cuidam especificamente da atividade de produção e comercialização de energia elétrica, estando estruturados e participando ativamente deste mercado, confirmando o crescente interesse por esta atividade.

Da mesma forma, os fornecedores de equipamentos para geração de energia elétrica também afirmam que atualmente está havendo grande procura do mercado por suprimentos para este seguimento de negócios<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Em entrevista feita em 22/09/2006, com o Sr. Nilton Góes, representante para a região de Araraquara do grupo empresarial WEG, produtor de equipamentos para geração de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool, o mesmo informou que atualmente o mercado para este seguimento de negócios está muito aquecido com grande procura por estes equipamentos por parte do setor sucroalcooleiro.

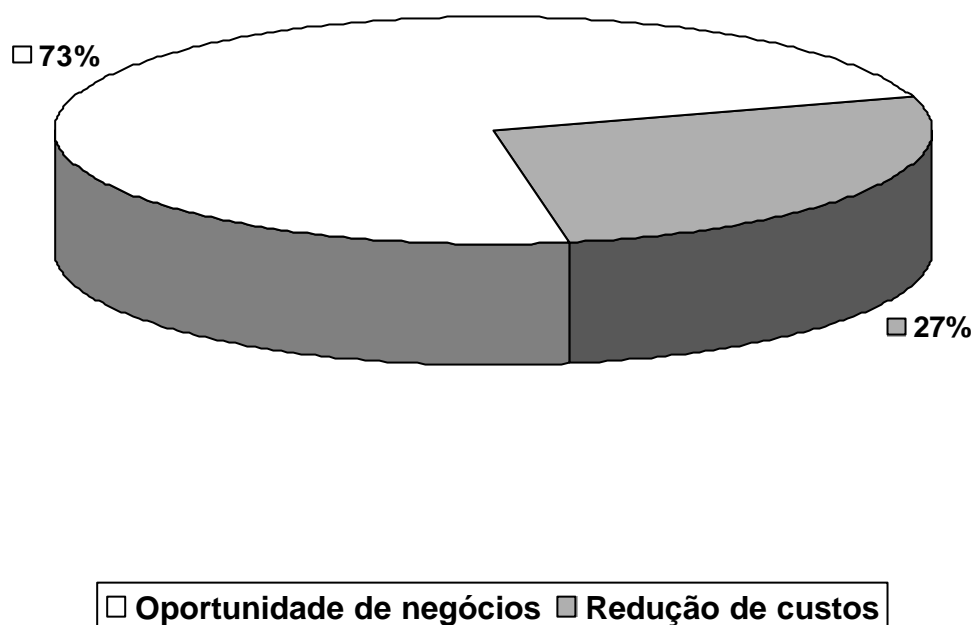


Figura 12: Opinião das usinas pesquisadas com relação à comercialização de energia elétrica.

Apesar de não existir uma relação direta entre o porte da usina e sua capacidade de produção de energia elétrica, pode-se notar que, como regra geral, as maiores usinas são as que comercializam energia elétrica, entretanto, existem exceções a esta tendência:

- A usina “M”, que apesar de não estar entre as maiores usinas pesquisadas, com relação à produção de cana-de-açúcar, é a segunda em produção de energia elétrica e também comercializa seus excedentes;
- A usina “V”, que tem a maior produção de cana-de-açúcar, e embora considere a venda de energia elétrica uma oportunidade de negócios, ainda não comercializa esta energia.

Com relação às usinas que utilizam o palhiço na produção de energia elétrica, as duas maiores (usinas Q e S) também comercializam esta energia, e a menor (usina F) não comercializa, pois possui uma capacidade de produção muito pequena, sendo suficiente apenas para seu consumo próprio.

Analisando-se os clientes da venda de energia elétrica comercializada pelas usinas pesquisadas nota-se que são, na maioria dos casos, as concessionárias de energia elétrica da região onde as usinas estão instaladas. Apenas duas usinas dentre as pesquisadas não vendem a energia elétrica para a concessionária local, porém, vendem para a ELETROBRÁS, sendo estas as únicas usinas pesquisadas que fazem parte do PROINFA. A Figura 13 apresenta a divisão das empresas-cliente entre as usinas pesquisadas.

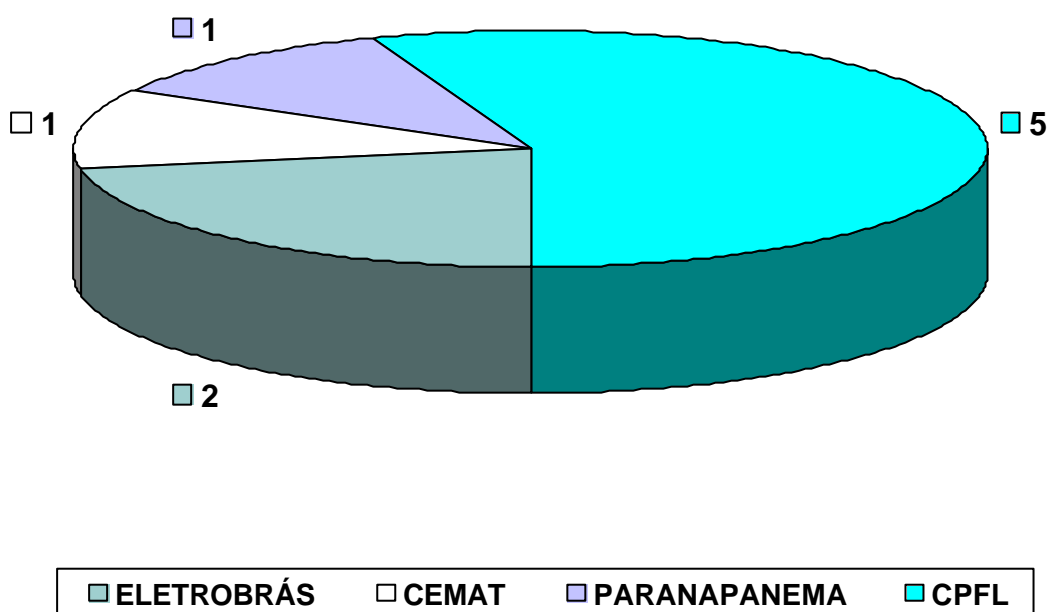


Figura 13: Empresas-cliente na venda de energia elétrica entre as usinas pesquisadas.

A venda realizada apenas para as concessionárias locais e para a ELETROBRÁS demonstra que o fornecimento de energia elétrica diretamente aos consumidores finais, como previsto no “Novo Modelo do Setor Elétrico”, instituído pelo Ministério das Minas e Energia no ano de 2003, na prática, ainda não se concretizou entre as usinas pesquisadas, pois a maioria está comercializando energia elétrica apenas em âmbito local. Este fato provavelmente está relacionado com o pequeno período em que esta atividade está regulamentada. Acredita-se que no futuro as vantagens oferecidas por este novo modelo serão melhor aproveitadas pelos produtores.

#### 5.4 - Tendências para a atividade de geração de energia elétrica nas usinas

Diante das possibilidades do mercado brasileiro de energia elétrica, as tendências apresentadas pelos produtores do setor sucroalcooleiro para esta atividade representam um dado importante para o planejamento da matriz energética brasileira.

Tabela 5.4: Interesse das usinas pesquisadas pela produção comercial de energia elétrica e intenção de fazer investimentos imediatos nesta atividade.

Usina	Produção na safra 2005 / 2006 ( 1000 ton )	Interesse na produção comercial de energia elétrica	Intenção de fazer investimentos imediatos em geração de energia	Motivação para os investimentos em geração de energia elétrica
A	431	Não	Não	-
B	611	Sim	Sim	Atingir auto-suficiência
C	785	Não respondeu	Não respondeu	-
D	802	Não	Não	-
E	826	Sim	Sim	Venda de energia
F	1.137	Sim	Sim	Venda de energia
G	1379	Sim	Sim	Venda de energia
H	1.403	Não	Não	-
I	1.438	Não	Não	-
J	1.658	Sim	Sim	Venda de energia
K	2262	Sim	Sim	Venda de energia
L	2.286	Sim	Sim	Venda de energia
M	2.408	Sim	Não respondeu	-
N	2.582	Não	Não	-
O	2.882	Sim	Sim	Venda de energia
P	3.134	Não	Não	-
Q	3.166	Sim	Sim	Venda de energia
R	3.308	Sim	Sim	Venda de energia
S	3.555	Sim	Sim	Venda de energia
T	3.910	Sim	Não	-
U	5.337	Sim	Sim	Venda de energia
V	7.133	Sim	Sim	Atingir auto-suficiência

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

Na Figura 14 estão indicadas as porcentagens de interesse das usinas pesquisadas pela produção comercial de energia elétrica.

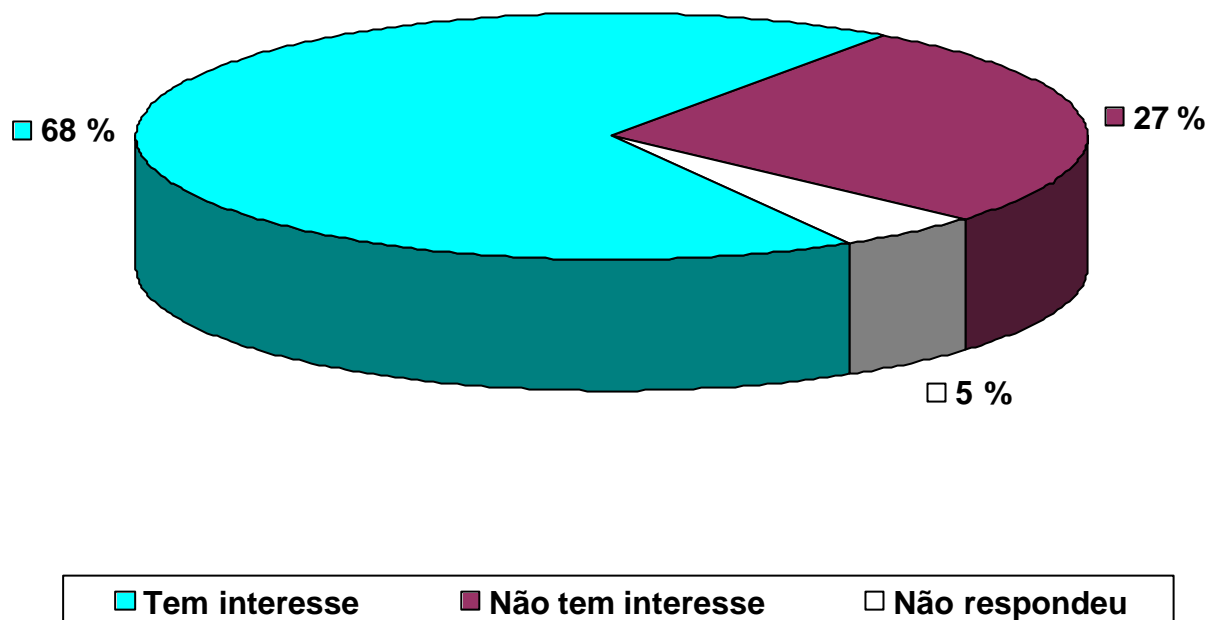


Figura 14: Porcentagem das usinas pesquisadas que têm interesse pela produção comercial de energia elétrica.

O interesse pela produção comercial de energia elétrica foi confirmado por 68 % das usinas pesquisadas, e metade destas já comercializa sua produção excedente. A possibilidade de novas receitas é apontada como o principal motivo para este interesse.

Dentre os 27 % que afirmaram não ter interesse pela produção comercial de energia elétrica, metade apontou o alto investimento necessário como o motivo para sua falta de interesse, a outra metade afirmou não ter o interesse pela geração comercial de energia elétrica, pois preferem manter o foco da empresa na produção de açúcar e álcool. Apenas 5 % das usinas não responderam a esta questão.

Apesar de 68 % das usinas afirmarem ter interesse pela produção comercial de energia elétrica, uma porcentagem menor (59 %) têm intenção de fazer investimentos imediatos no aumento de sua capacidade de geração. Deve-se destacar que dentre as usinas que já comercializam energia elétrica 78 % têm interesse em aumentar sua produção, evidenciando que estas empresas constataram ser esta uma atividade rentável para elas. As Figuras 15 e 16 apresentam as opiniões dos produtores quanto a essas questões.



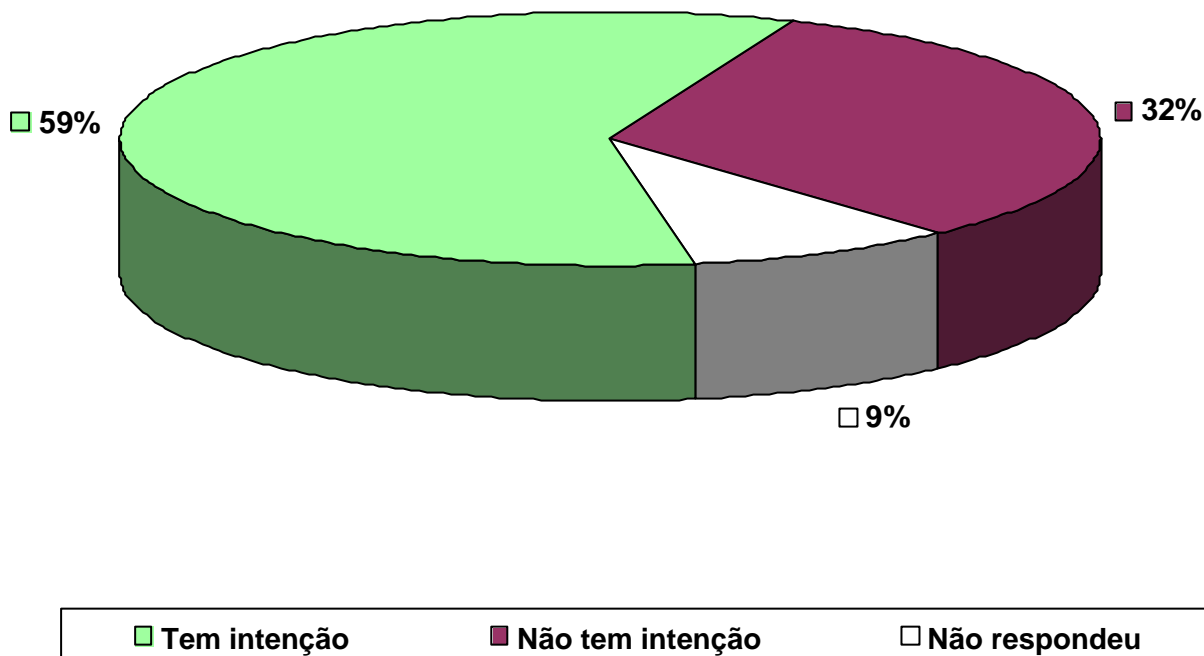


Figura 15: Intenção das usinas pesquisadas em fazer investimentos imediatos para aumento da capacidade de geração de energia elétrica.

A elevada porcentagem, dentre as usinas pesquisadas, dispostas a fazer investimentos imediatos no aumento de sua capacidade de geração de energia elétrica demonstra que uma parte dos empresários do setor tem uma visão mais moderna de seus negócios e pretende diversificá-los aproveitando as oportunidades oferecidas pelo mercado de energia elétrica. O fato destas mesmas empresas não terem aderido de forma mais intensa ao PROINFA demonstra que os empresários estão fazendo uma aposta de que conseguirão, no mercado, preços melhores do que os oferecidos pelo programa do governo, como é o caso das usinas citadas por Balbo (2005), que possuem contratos de fornecimento de energia elétrica para a CPFL pelo valor de R\$ 136,00 / MWh, bem acima dos R\$ 93,77 / MWh previstos no PROINFA. Esta intenção expressa por 59% das usinas pesquisadas demonstra que deverá ocorrer brevemente uma maior oferta de energia elétrica a partir da biomassa independente de incentivos governamentais.

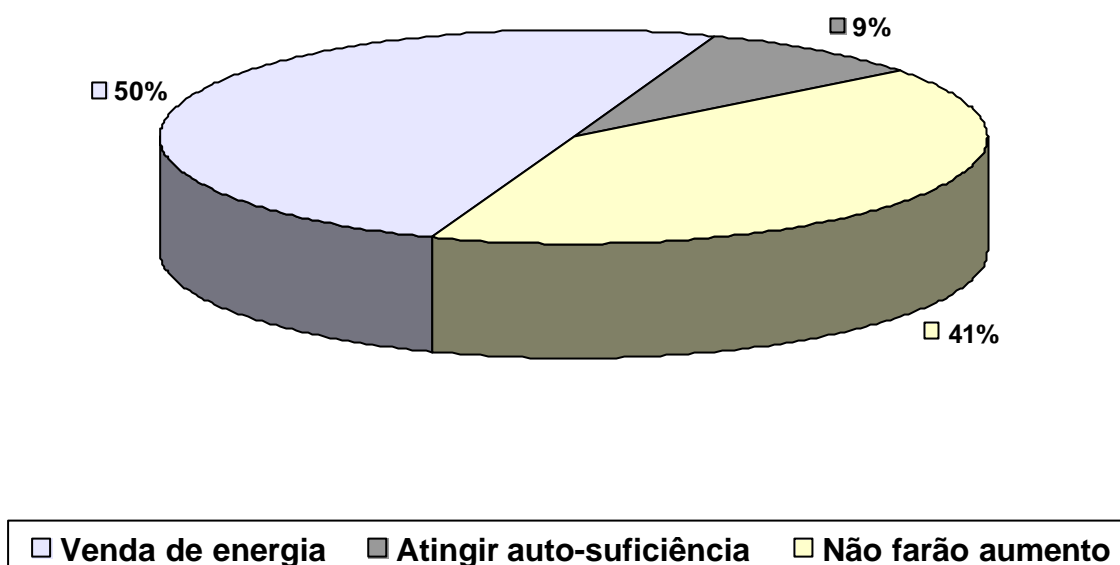


Figura 16: Motivação das usinas pesquisadas para o aumento imediato na capacidade de geração de energia elétrica.

Pode-se observar na Tabela 5.4 que a intenção de fazer aumento na capacidade de geração de energia elétrica independe do tamanho e da produção das usinas, confirmando que realmente as empresas possuem biomassa disponível que poderia ser utilizada na geração de energia dependendo apenas dos investimentos na modernização dos equipamentos de geração.

Observando os dados das Tabelas 5.2 e 5.4 notamos que as três usinas que utilizam o palhiço para a geração de energia elétrica (usinas F, Q e S) também têm intenção de aumentar sua produção visando a venda da eletricidade excedente, confirmando que, no caso destas três usinas, é viável a utilização do palhiço como fonte de biomassa para a geração de energia elétrica. Esta utilização normalmente está também ligada a outros fatores como, a distância da lavoura até a usina e a disponibilidade de equipamento para o manuseio do palhiço.

Um dado interessante é demonstrado pela usina “V” que apesar de possuir uma grande quantidade de biomassa excedente, pois é a de maior produção de cana-de-açúcar, e de declarar que tem interesse na produção comercial de energia elétrica, pretende fazer investimentos em geração de energia elétrica apenas para atingir a auto-suficiência no consumo de energia e não para comercialização.

Pode-se também observar que uma quantidade considerável de usinas (41 %) não pretende fazer aumentos na capacidade de geração de energia elétrica, fato que demonstra que ainda existirá biomassa excedente no Estado de São Paulo por algum tempo.

O interesse das usinas pesquisadas em participar do PROINFA foi muito baixo, apenas duas usinas (usinas G e M, 9 % das pesquisadas) participam do programa. Duas outras usinas, que atualmente já comercializam energia elétrica (usinas R e U), informaram que o motivo pela sua falta de interesse na participação foi o preço oferecido pela ELETROBRÁS para a energia elétrica produzida, considerado muito baixo por estas usinas. Entretanto, conforme apresentado no item 5.1, apesar de o preço do MWh pago no PROINFA não estar de acordo com o interesse de alguns produtores, a garantia de compra por 20 anos da energia produzida, oferecida no programa, dá segurança de retorno ao investimento.

Por outro lado, o interesse demonstrado pelas usinas em participar do mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto é mais acentuado. Dentre as usinas pesquisadas 45 % já possuem projeto e estão participando deste mercado, em geral são as maiores usinas entre as pesquisadas. Dentre as usinas que ainda não participam, 50 % delas pretendem desenvolver, no futuro, um projeto para participação. A Tabela 5.5 e as Figuras 17 e 18 mostram estes dados.

Tabela 5.5: Interesse das usinas pesquisadas pela participação no PROINFA e no mercado de créditos de carbono.

Usina	Produção na safra 2005 / 2006 ( 1000 ton )	Participação no PROINFA	Participação no mercado de créditos de carbono	Intenção de participar no mercado de créditos de carbono (entre as que não participam)
A	431	Não	Não	Não
B	611	Não	Não	Não
C	785	Não	Não	Não
D	802	Não	Não	Não
E	826	Não	Não	Sim
F	1.137	Não	Sim	-
G	1379	Sim	Sim	-
H	1.403	Não	Não	Não
I	1.438	Não	Não	Não
J	1.658	Não	Não	Sim
K	2262	Não	Sim	-
L	2.286	Não	Não	Sim
M	2.408	Sim	Sim	-
N	2.582	Não	Não	Sim
O	2.882	Não	Sim	-
P	3.134	Não	Não	Sim
Q	3.166	Não	Sim	-
R	3.308	Não	Sim	-
S	3.555	Não	Sim	-
T	3.910	Não	Sim	-
U	5.337	Não	Sim	-
V	7.133	Não	Não	Sim

Fonte: UNICA (2006) e dados da pesquisa.

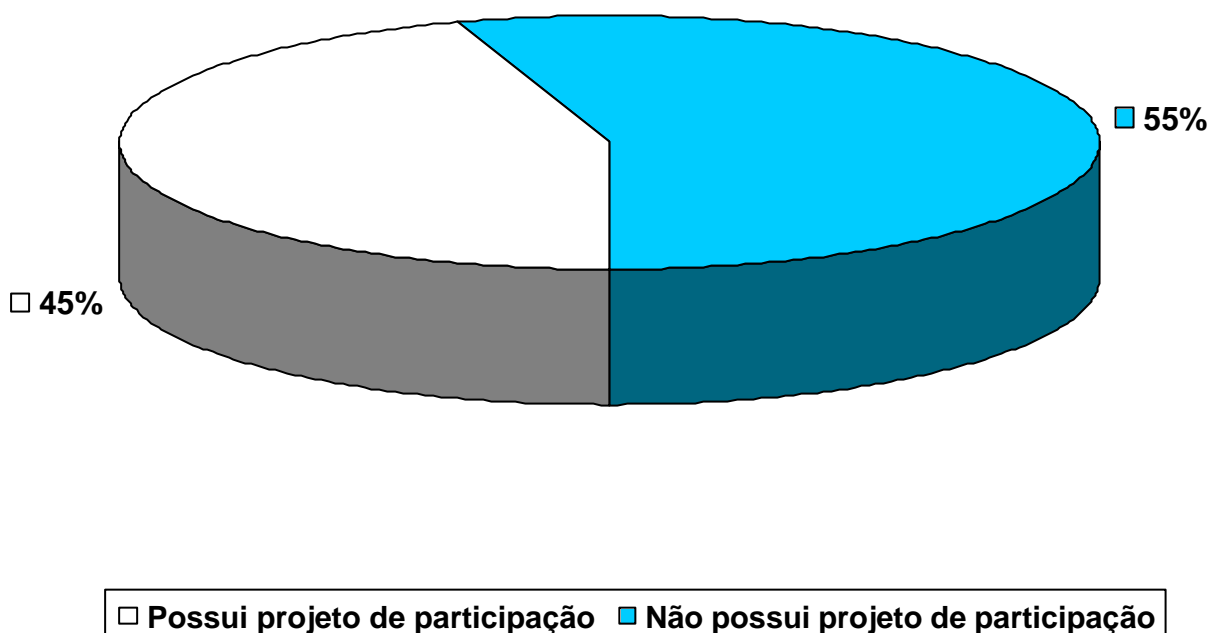


Figura 17: Participação das usinas pesquisadas no mercado de créditos de carbono.

A possibilidade de participar no mercado de créditos de carbono apresenta-se como mais um incentivo para as usinas de açúcar e álcool investirem na geração de energia elétrica, pois se torna mais uma fonte de renda que auxilia a empresa a viabilizar seus investimentos.

Observando a Tabela 5.5 podemos notar que dentre as usinas pesquisadas as duas que participam do PROINFA também participam do mercado de créditos de carbono, mostrando que estas usinas aproveitaram as recentes oportunidades surgidas no mercado para viabilizar a atividade de geração de energia elétrica. Também podemos observar que as maiores usinas, em termos de produção de cana-de-açúcar moída, são aquelas que têm interesse neste mercado, já possuindo projeto de participação ou planejando elaborá-lo no futuro.

Comparando os dados das Tabelas 5.4 e 5.5 pode-se também observar que 27 % das usinas, as mesmas que declararam não ter interesse na produção comercial de energia elétrica, não têm interesse pela participação no mercado de créditos de carbono, demonstrando que há uma minoria de empresas que não estão atentas às mudanças e oportunidades surgidas no mercado e que podem aumentar suas receitas.

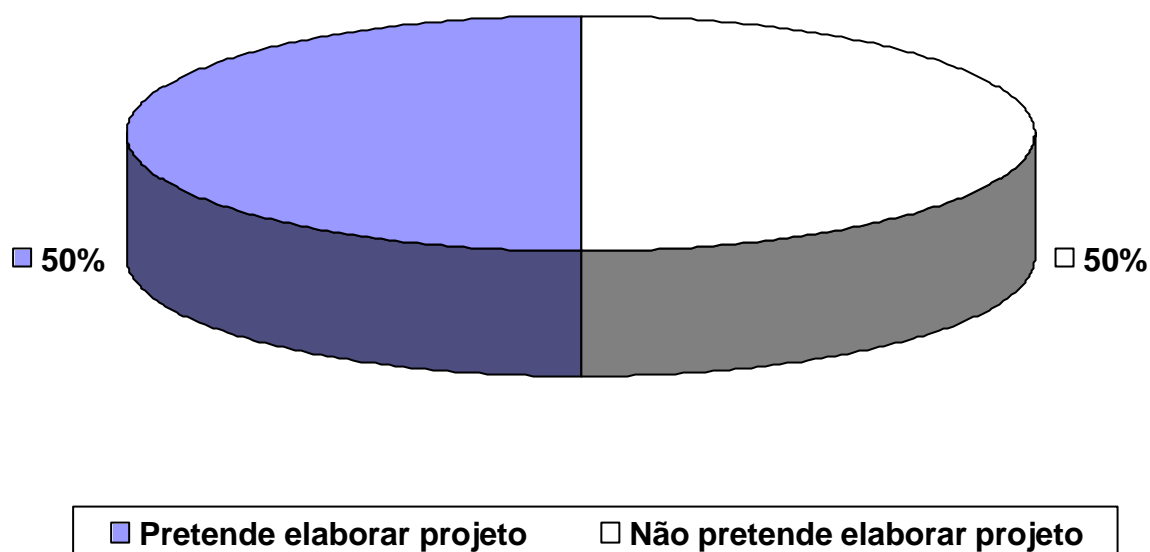


Figura 18: Intenção de participar no mercado de créditos de carbono, entre as usinas pesquisadas que ainda não participam.

Alguns especialistas, como Khalili (2005), são críticos ao mercado de créditos de carbono, por acreditarem que este mercado está propondo tornar a preservação do ambiente uma commodity de mercado quando, no seu entender, esta preservação deveria ser uma obrigação dos estados. Apesar da opinião deste crítico nota-se, pelos dados coletados na pesquisa de campo, que entre os produtores do setor sucroalcooleiro de São Paulo o interesse pela participação neste mercado é bastante grande, chegando a 73 % das usinas pesquisadas. Este interesse pode fazer com que o Brasil se consolide como um dos países líderes no mercado de créditos de carbono.

Deve-se observar que a maioria dos projetos brasileiros, registrados na ONU para participar deste mercado, é relativo à geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis, sendo que a maioria deles é das usinas de cana-de-açúcar de São Paulo que estão contribuindo para aumentar as receitas obtidas a partir deste mercado.

Conclui-se que o mercado de créditos de carbono está sendo encarado como mais um fator que vem incentivar os investimentos das usinas do setor sucroalcooleiro na geração comercial de energia elétrica.

Tendo em vista a importância para o setor, da evolução nos métodos de produção de açúcar e álcool, pesquisou-se sobre o interesse das usinas sobre os processos, ainda em desenvolvimento, que objetivam produzir álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Verificou-se que a maioria das usinas pesquisadas (86 %) tem conhecimento e interesse nesta tecnologia. Este dado é significativo, uma vez que quando este processo estiver totalmente desenvolvido as usinas necessitarão do bagaço, que hoje é disponível para a geração de energia elétrica, para a produção de álcool, o que pode vir a comprometer a produção de energia elétrica pela falta de biomassa da cana-de-açúcar. Na figura 19 está representado o conhecimento das usinas pesquisadas sobre este processo.

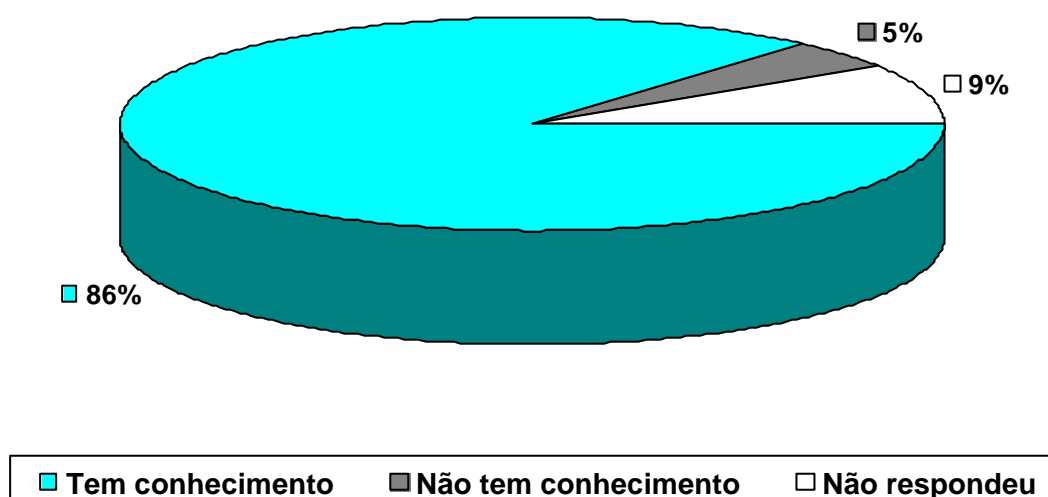


Figura 19: Conhecimento das usinas pesquisadas sobre os processos de produção de álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

Com o desenvolvimento desta tecnologia que poderá utilizar todo o bagaço hoje disponível nas usinas, surge uma dúvida quanto ao futuro da produção comercial da energia elétrica pelo setor sucroalcooleiro: os produtores ainda terão interesse comercial na energia elétrica, ou a produção de álcool em maior escala irá inviabilizar a produção de energia elétrica?

## 6 – CONCLUSÕES

- Com base nos resultados obtidos na pesquisa de campo pode-se concluir que:

- O bagaço da cana-de-açúcar não se constitui em um problema para as usinas, seu destino normalmente é a queima ou a comercialização para outras empresas, gerando desta forma uma fonte de renda adicional para as usinas.
- A utilização do palhiço da cana-de-açúcar como fonte de biomassa para a geração de energia elétrica nas usinas de São Paulo ainda é pequena, sendo utilizado por apenas 14 % das usinas pesquisadas.
- É grande o interesse das empresas do setor sucroalcooleiro na produção comercial de energia elétrica, o que foi confirmado por 68 % das usinas pesquisadas, que apontaram como seu principal motivo a possibilidade de nova fonte de receita para as usinas.
- É baixa a participação das usinas de açúcar e álcool no PROINFA; apenas duas (9 %) entre as pesquisadas participam do programa.
- Com relação ao mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, 73% das usinas pesquisadas declararam que já têm ou pretendem elaborar projeto para participação. Verificou-se que as maiores usinas são as que mais se interessaram e em geral já possuem projeto de participação.

- Com base na revisão bibliográfica pode-se também concluir:

- Os produtores do setor sucroalcooleiro não tinham grande interesse na geração comercial de energia elétrica, porém este interesse tem aumentado nos últimos anos motivado por oportunidades surgidas no mercado de energia elétrica e com o mercado de créditos de carbono;
- O principal motivo que desestimulou a participação do setor sucroalcooleiro no PROINFA foi o preço oferecido pela ELETROBRÁS que estava abaixo das expectativas do setor, porém pode-se observar que estes preços aliados a garantia de compra da energia produzida pelo período de 20 anos garantem a remuneração do investimento;

- A produção de energia elétrica nas usinas de cana-de-açúcar poderia ser aumentada em até 3,3 vezes com a substituição dos equipamentos atuais (Ciclo Rankine) por equipamentos de tecnologia mais avançada (Combustão em Leito Fluidizado).



## 7 – REFERÊNCIAS

AÇÚCAR GUARANI (2005). **Como medir os benefícios ambientais do projeto da Guarani?** Disponível em: <<http://www.acucarguarani.com.br>>. Acesso em 1 de maio de 2005.

AGUIAR, C. L.; MENEZES, T. J. B.. **Conversão Enzimática do Bagaço de Cana-de-açúcar.** Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento. 2002, nº 26, p.52-55, mai-jun.

AGUIAR, I. D. **Projeto pretende tirar álcool do bagaço.** Jornal Gazeta Mercantil / Finanças e Mercados, 2005. p.12, 09/fevereiro/2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Usinas UTE em operação no Brasil.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicações/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em 30/julho/2005.

ARAÚJO, J. P.. **Políticas públicas para o desenvolvimento dos assentamentos rurais em áreas de monocultura canavieira.** Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Carlos, 2004.

BALBO, J. M.. **Preço não atrai usinas para o PROINFA,** Ribeirão Preto, Jornal A Cidade, 27 jan, 2005.

BIN, A.. **Agricultura e meio ambiente: Contexto e iniciativas da pesquisa pública.** 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BRIGHENTI, C. R. F.. **Integração do Cogrador de Energia do Setor Sucroalcooleiro com o Sistema Elétrico.** 2003. 169p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

CAMPOS, D. C.. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o seqüestro de carbono.** 2003. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

CERQUEIRA, D. A.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; RODRIGUES, G.. **A Acetilação Homogênea do Bagaço da Cana-de-Açúcar Reciclado**, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2000.

CLEMENTINO, L. D.. **A conservação de Energia por meio da Co-Geração de Energia Elétrica**, Érica, São Paulo, 2001.

COELHO, S. T.. **Mecanismos para a implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa. Um modelo para o estado de São Paulo**. 1999. Tese (Doutorado em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

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.

ELETOBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (2005). Disponível em: <[http://www.eletronbras.gov.br/em\\_programas\\_proinfra/default.asp](http://www.eletronbras.gov.br/em_programas_proinfra/default.asp)>. Acesso em 6/junho/2005.

FERRARI, R. **A Energia do Bagaço de Cana**. Revista Politécnica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GAZETA MERCANTIL. **Usina Santa Terezinha terá recursos do BNDES**. São Paulo, março/2005.

GAZETA MERCANTIL<sup>(1)</sup>. **A cana agora expulsa gado do interior de São Paulo**, São Paulo, março, 2006.

GAZETA MERCANTIL<sup>(2)</sup>. **Cana mais rentável toma lugar do pasto em São Paulo**, São Paulo, outubro, 2006.

GONÇALVES, D. B. **A Regulamentação das Queimadas e as Mudanças nos Canaviais Paulistas**, São Carlos. Rima, 2002. ISBN – 85-86552-40-2.

GONÇALVES, D. B. **Mar de cana, deserto verde? Dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista.** 2005. 256p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

IMBELLONI, R. - **“Bagaço da cana gera plástico descartável”.** Disponível em: <[www.abrelpe.com.br](http://www.abrelpe.com.br)>. Acesso em 14/agosto/2005.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – INEE. **Co-geradores querem setor regulado.** Rio de Janeiro / RJ, Setembro/Outubro, 2001.

IPT. **Prêmios – Menção IPT 2002 de Inovação em Ciência / Tecnologia.** IPT / São Paulo. Disponível em: <<http://www.ipt.br/institucional/premios/mencao/2002>>. Acesso em 07/setembro/2005.

IZIQUÉ, C. **Movido a álcool.** Revista Indústria Brasileira, São Paulo, abril, 2005.

JORNAL A CIDADE. **Preço não atrai usinas para o PROINFA.** 2005, Ribeirão Preto, 27 jan.

JORNAL DA REGIÃO. **Potencial de cogeração não é aproveitado.** 2003, Araçatuba, 01 set.

JORNAL GERAÇÃO. **Usina Cerradinho é a primeira no país a receber financiamento de BNDES para ampliação da cogeração de energia no PROINFA.** Usina Cerradinho de Açúcar e Álcool S.A., Catanduva, 2005.

JORNALCANA. **Dados das Usina.** Ribeirão Preto. Disponível em : <<http://www.jornalcana.com.br/Conteudo/Usinas.asp>>. Acesso em 15/março/2006.

JORNALCANA. **MME desiste de preencher cota de biomassa no PROINFA.** Ribeirão Preto, fev, 2005.

JUNQUEIRA, M. **O Brasil é líder em projetos de carbono**. Gazeta Mercantil, São Paulo, 07 abr, 2006.

KHALILI, A. E. **Quem será beneficiado pelos créditos de carbono?** Site Comciência. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em 10/agosto/2005.

KITAYAMA<sup>(1)</sup>, O. **Unica terá reunião para avaliar atratividade do PROINFA**. Ribeirão Preto, Jornalcana, abr, 2004.

KITAYAMA<sup>(2)</sup>, O. **Potencial de geração de eletricidade com a cana-de-açúcar chega a 8 mil MW**. Ribeirão Preto, Jornalcana, nov, 2004.

KOBLITZ, L. O. **Koblitz alerta para esvaziamento de biomassa no PROINFA**. Rio de Janeiro, CanalEnergia, 06/agosto/2004.

LARA, G. **Fábrica inédita vai produzir fibras de bagaço de cana-de-açúcar**, disponível em <<http://www.ufpe.br/nema/not5.html>>. Acesso em 07/setembro/2005.

MACEDO, I. C. **O Ciclo da Cana-de-Açúcar e reduções adicionais nas emissões de CO<sub>2</sub> através do uso como combustível da palha da Cana**. Centro de Tecnologia Copersucar – CTC. Piracicaba, 2000.

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

MAIURI, D. R. **A Regionalização da Geração de Energia Como Fator de Desenvolvimento: O Caso da Região de Itapeva, SP**. 2001. 144p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MANZANO, 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, Julho / Ago 2000, vol.29, no.4, p.1196-1204. ISSN 1516-3598.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Gente do Brasil** (2005). Disponível em: <<http://gentedobrasil.org/gvep/BCODADOS.htm>>. Acesso em 16/junho/2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **O Novo Modelo do Setor Elétrico**. Brasília, 2003. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 19/junho/2005.

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](http://www.mme.gov.br/programas_display.do?prg=5)>. Acesso em 31/março/2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2005: Ano base 2004**. Rio de Janeiro, 2005.

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**. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2003.

MORAIS, L. C.; CAMPANA, S. P. **Carboximetilação de polpas de Bagaço de Cana-de-Açúcar e Caracterização dos Materiais Absorventes Obtidos**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, Outubro / Dezembro, 1999, vol.9, no.4, p.46-51.

MORENO<sup>(1)</sup> A. **Valor do MW poderá atrapalhar investimentos em cogeração**. Ribeirão Preto, Jornalcana, abr, 2004.

MORENO<sup>(2)</sup>, A. **BNDES aprova financiamento para ampliar capacidade de cogeração de usina paulista**. Ribeirão Preto, Jornalcana, nov, 2004.

MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem. Estudo de caso: Município de Araraquara, SP**. 2005. 88p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MÜLLER, M. M. L. **Influência do monocultivo na cana-de-açúcar nas propriedades físicas e químicas de um nitrossolo vermelho e um neossolo quartzarênico.** 2005. 120p. Tese (outorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

NASTARI, P. M. **As oportunidades para o etanol: Parcerias externas, instrumentos e desafios.** Seminário: O Brasil e energia do século 21: Açúcar e etanol, Ministério das Relações Exteriores, Brasília, 2 dez, 2004.

NOVAES, W. **Sinal vermelho no meio ambiente.** Revista Caros Amigos, São Paulo, 11 set, 2002.

OLIVARES GÓMEZ, E. **Projeto, construção e avaliação preliminar de um reator de leito fluidizado para gaseificação de bagaço de cana-de-açúcar.** 1996. 178p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

OLIVÉRIO, J. L. In: **DHR – Dedini Hidrólise Rápida** (2003). Disponível em: <<http://inventabrasilnet.15.com.br/dedini.htm>>. Acesso em 14/agosto/2005.

OKINO, E. Y. A.; ANDAHUR, J. P. V.; SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. **Resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente.** *Scientia Forestalis*, n. 52, p. 35-42, Brasília, dez, 1997.

ORSOLON, M. **Crédito de Carbono.** Potência, n. 14, p. 16-26, São Paulo, abr, 2006.

PALETTA, C. E. M. **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. 163p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, 2004.

PAULA, C. P. **Geração Distribuída e Cogeração no setor elétrico: Avaliação Sistêmica de um Plano de Inserção Incentivada,** 2004. Tese (Doutor em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PEARCE, F. **O aquecimento global.** Publifolha, São Paulo, 2002.

PELLEGRINI, M. C. **Inserção de centrais cogedoras a bagaço de cana no parque energético do estado de São Paulo: Exemplo de aplicação de metodologia para análise dos aspectos locacionais e de integração energética,** 2002. 168p. Dissertação (Mestre em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PINAZZA, A. H. **Consórcio de plantas economicamente exploráveis (Saccharum officinarum / Zea mays) para maior estabilidade do agroecossistema,** Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos, 1993.

PORTO, L. **PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.** Ministério das Minas e Energia, Diretoria de Energias Renováveis, Rio de Janeiro, 2004.

PROCANA<sup>(1)</sup> . **BNDES aprova empréstimo de R\$ 20,6 milhões para destilaria,** Ribeirão Preto, abr, 2005.

PROCANA<sup>(2)</sup> . **Um mercado de R\$ 40 Bilhões,** Ribeirão Preto, mai, 2005.

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.** Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002.

RADICCHI, B. **Pesquisadores de Campinas desenvolvem combustível biológico.** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ. Brasília, 19/agosto/2002.

RAMOS, P. **A queima da cana. Uma prática indefensável.** Jornal de Piracicaba, Piracicaba, 15/agosto/2006. P. A3.

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.

RIPOLI, T. C. C.; MOLINA W. F.; RIPOLI, M. L. C. **O Bagaço e o palhiço na produção de eletricidade.** In **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira – Memória do Workshop.** Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 1999 - ISSN 1516-4691.

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

RIPOLI, T. C. C. **E a mão de obra?** Revista *Idea News*. nº 59, Ribeirão Preto, set 2005.

ROCHA, M. H. M. **Teores de proteína bruta em dietas com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT.** 2003. 195p. Tese (Doutor em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RUDOLFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V. ROSA, V. G. C. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2004.



SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 2002. 182p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SILVESTRIN, C. A. **Produtores querem transformar biomassa em fonte estratégica para o setor**. Rio de Janeiro, CanalEnergia, 24 fev, 2005.

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

SOUZA, Z. J. **Evolução e considerações sobre a co-geração de energia no setor sucroalcooleiro – Agroindústria canavieira no Brasil**. Atlas, p. 214-240, São Paulo, 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**. Fundação Joaquim Nabuco, Recife, 2002.

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F.; SANTANA, M. A. E. **Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores**. *Scientia Forestalis*, n. 52, p. 29-34, Brasília, dez, 1997.

UDOP (Usinas e Destilarias do Oeste Paulista). **Unidades do Estado de São Paulo**, São Paulo, 2006. Disponível em <<http://www.udop.com.br>> acesso em 11/março/2006.

UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo). **Ranking de Produção de Cana, Açúcar e Álcool – Região Centro-Sul – Safra 2005/2006**. São Paulo, 2006. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br/files/estatisticas/>> acesso em 02/Junho/2006.

UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo). **Açúcar e álcool do Brasil – Commodities da Energia e do Meio Ambiente**, São Paulo, 2004.

UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo). **Potencial de cogeração com resíduos da cana-de-açúcar. Sua compatibilidade com o modelo atual**. São Paulo, 2002.

UNFCCC<sup>(1)</sup> (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Approved baseline methodology - AM0015 / Version 01, Bagasse-based cogeneration connected to an electricity grid**, 22 Set, 2004.

UNFCCC<sup>(2)</sup> (United Nations Framework Convention on Climate Change). **Toll for the demonstration and assessment of additionality**. Out, 2004.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Disponível em: <<http://www.unfccc.int/Projects/Validation>>. Acesso em 16/julho/2006.

VIEIRA<sup>(1)</sup>, G. **Avaliação do custo, produtividade e geração de emprego no corte de cana-de-açúcar, manual e mecanizado, com e sem queima prévia**. 2003. 64p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

VIEIRA<sup>(2)</sup>, 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 cecotofos**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Julho / Agosto 2003, vol.32, n. 4, p.935-941 - ISSN 1516-3598.

VILLANUEVA, L. Z. D. **Uso de gás natural em veículos leves e mecanismo de desenvolvimento limpo no contexto brasileiro**. 2002. 163p. Tese (Doutorado em Energia) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

## **8 - ANEXOS**

ANEXO I – Formulário para as empresas do setor sucroalcooleiro sobre a produção de energia elétrica

ANEXO II - Usinas de açúcar e álcool em São Paulo com investimentos recentes em geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar

ANEXO III - Geração de energia elétrica nas usinas em operação a partir da biomassa da cana-de-açúcar no estado de São Paulo (excluem-se os aumentos de geração descritos no ANEXO II)

ANEXO IV - Comparações entre as usinas de São Paulo e do Brasil sobre a energia gerada a partir da biomassa da cana-de-açúcar

ANEXO V – Relação das usinas brasileiras que possuem projeto para participação do mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto

## **8.1 - ANEXO I**

### **Formulário para as empresas do setor sucroalcooleiro sobre produção de energia elétrica**

Empresa:

Nome do entrevistado:

Cargo ocupado na empresa:

- 1- Qual a capacidade de geração de energia elétrica atualmente instalada na usina?
- 2- Qual o custo do KWh gerado na usina?
- 3- A usina utiliza a palha da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica ou apenas o bagaço?
- 4- Qual destino a usina dá hoje para o bagaço da cana? Apenas a queima ou existe outra aplicação?
- 5- Qual o custo que a eliminação do bagaço da cana-de-açúcar representa hoje para a usina?
- 6- Quantos funcionários têm a usina e quantos trabalham diretamente com a geração de energia elétrica?
- 7- A usina comercializa energia elétrica excedente?
- 8- A usina possui a classificação de “Produtor Independente de Energia” ou de “Autoprodutor”?
- 9- Quais empresas são clientes na venda de energia elétrica da usina?
- 10- A usina tem interesse na produção comercial de energia elétrica? Por que?

11- A usina tem pretensões de aumentar a capacidade geradora de energia elétrica? Para quanto? Qual a motivação para este aumento?

12- Como a atividade de geração de energia elétrica é encarada na usina? Como uma oportunidade de negócios ou como uma redução de seus custos de operação?

13 – A usina participa do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA da ELETROBRÁS? Se não participa, tentou a participação?

14 – A usina possui projeto para participação no Mercado de Créditos de Carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto? Se não possui, pretende elaborar?

15 – A usina tem conhecimento sobre os processos em desenvolvimento que visam a produzir álcool a partir do bagaço da cana-de-açúcar?

**8.2 - ANEXO II****Usinas de açúcar e álcool em São Paulo com investimentos recentes em geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar**

<b>Usinas</b>	<b>Localização</b>	<b>Geração anterior ( MW )</b>	<b>Aumento de geração ( MW )</b>
Água Bonita	Tarumã	0,0	17,0
Alta Mogiana	São J. da Barra	12,5	12,5
Alto Alegre	Pres. Prudente	5,2	26,8
Barra Grande	Lençóis Paulistas	13,0	60,0
Canaã	Paraguaçu Pta	0,0	30,0
Catanduva	Catanduva	25,1	6,0
Cerradinho	Catanduva	5,2	49,8
Cresciumal	Leme	8,2	18,4
Colombo	Ariranha	15,0	80,0
Cruz Alta	Olímpia	10,4	40,4
Equipav	Promissão	8,0	44,5
Fartura	Novo Horizonte	5,0	29,9
Lucélia	Lucélia	3,7	28,3
Mandu	Guaíra	4,8	20,2
Maracai	Maracai	10,0	36,8
Moema	Oriundiúva	12,0	58,0
Nardini	Vista Aleg. Alto	6,4	15,0
Nova América	Tarumã	12,4	10,1
Pioneiros	Sud Mennucci	0,0	64,0
Ruette	Paraíso	3,6	24,4
Santa Adélia	Jaboticabal	8,0	34,0
Santa Cândida	Bocaina	5,6	23,4
Santa Elisa	Sertãozinho	31,0	42,0
Santo Antonio	Sertãozinho	6,6	17,4
São Francisco	Sertãozinho	3,3	2,8
São Luiz	Ourinhos	4,8	36,0
São José	Macatuba	11,2	17,4
São José Colina	Colina	0,0	25,0
Serra	Ibaté	2,4	12,6
Usina da Pedra	Serrana	15,0	15,0
Vale do Rosário	Morro Agudo	36,0	53,0
<b>TOTAL</b>		<b>251,8</b>	<b>950,7</b>

Fonte: ELETROBRÁS (2005), UNFCCC (2005), ANEEL (2005)

**8.3 - ANEXO III**

**Geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar existente nas usinas em operação no estado de São Paulo (não incluem os aumentos de geração descritos no ANEXO II)**

(continua)

<b>Usinas</b>	<b>Locais</b>	<b>Geração de energia ( MW )</b>
Açucareira Quatá	Quatá	6,4
Água Limpa	Monte Aprazível	2,4
Albertina	Sertãozinho	4,2
Alcídia	Teodoro Sampaio	4,0
Alcoazul	Araçatuba	7,4
Alcomira	Mirandópolis	2,4
Alta Mogiana	São Joaquim da Barra	12,5
Alto Alegre	Presidente Prudente	5,2
Aralco	Sto. Antônio do Aracanguá	4,8
Artivinco	Santa Rosa do Viterbo	4,5
Barra	Barra Bonita	15,8
Barra Grande	Lençóis Paulistas	13,0
Batatais	Batatais	3,9
Bazan	Pontal	10,2
Bela Vista	Pontal	2,4
Bellão & Schiavon	Santa Cruz das Palmeiras	0,6
Benálcool	Bento de Abreu	3,8
Bom Retiro	Capivari	3,6
Branco Peres	Adamantina	2,4
Casa de Força	Fernandópolis	4,0
Carolo	Pontal	8,0
Catanduva	Catanduva	25,1
Central Term. de Geração	Buritizal	3,2
Cerradinho	Catanduva	5,2
Cevasa	Patrocínio Paulista	4,0
Citrosuco	Matão	7,0
Clealco	Clementina	5,0
Cocal	Paraguaçu Paulista	28,2
Coinbra – Cresciumal	Leme	8,2
Coinbra – Frutesp	Bebedouro	5,0
Coinbra – Frutesp	Matão	8,0
Colombo	Ariranha	15,0
Colorado	Guairá	13,2
Cooperfrigo	Promissão	4,0
Coraci	São Pedro do Turvo	1,4
Corona	Guariba	14,4
Costa Pinto	Piracicaba	9,4
Cruz Alta	Olímpia	10,4
Dacal	Parapuã	2,7
Decasa	Caiuá	2,4

(continuação)

<b>Usinas</b>	<b>Locais</b>	<b>Geração de energia ( MW )</b>
Della Coletta	Bariri	4,0
Delos	Sertãozinho	0,7
Destil	Marapoama	2,0
Destilaria Andrade	Pitangueiras	7,2
Destilaria Guaricanga	Presidente Alves	1,6
Destilaria Marosso	Itápolis	1,2
Destilaria Paraguaçu	Paraguaçu Paulista	3,6
Destivale	Araçatuba	3,2
Diamante	Jaú	7,0
Diana	Avanhandava	2,9
Dois Córregos	Dois Córregos	3,6
Dulcini	Santo Antônio da Posse	1,8
DVRT	Onda Verde	2,0
Equipav	Promissão	8,0
Éster	Cosmópolis	7,7
Fany	Regente Feijó	1,2
Fartura / Santa Isabel	Novo Horizonte	5,0
Ferrari	Pirassununga	4,0
Flórida Paulista	Flórida Paulista	3,8
Furlan	Santa Bárbara do Oeste	2,4
Galo Bravo	Ribeirão Preto	9,0
Gasa	Andradina	4,0
Generalco	General Salgado	3,8
Grizzo	Jaú	0,8
Guarani	Severínia	8,2
Ibirá	Santa Rosa do Viterbo	7,9
Ipiranga	Mococa	2,4
Ipuacu	Ipuacu	6,0
Iracema	Iracemápolis	14,0
Itaiquara	Tapiratiba	1,2
J. L. G.	Dobrada	1,6
J. Pilon	Cerquillo	3,8
Jardeste	Jardinópolis	4,0
Junqueira	Igarapava	7,2
Londra	Itaí	1,2
Lucélia / Centralcool	Lucélia	3,7
Lwarcel	Lençóis Paulista	4,0
Mandu	Guairá	4,8
Maracai	Maracai	10,0
MB	Morro Agudo	40,0
Moema	Oriundiúva	12,0
Moreno	Luís Antônio	5,5
Mumbuca	Platina	0,5
Muller Destilaria	Porto Ferreira	2,0
Nardini	Vista Alegre do Alto	6,4
Nova América	Tarumã	12,4
Nova Tamoio	Araraquara	3,6
Ometto Pavan	Américo Brasiliense	11,4



(conclusão)		
<b>Usinas</b>	<b>Locais</b>	<b>Geração de energia ( MW )</b>
Panorâmica	Itai	2,0
Paraíso	Brotas	3,7
Pederneiras	Tietê	2,4
Pitangueiras	Pitangueiras	7,5
Rafard	Rafard	43,0
Ruete	Paraíso	3,6
Santa Adélia	Jaboticabal	8,0
Santa Cândida	Bocaina	5,6
Santa Elisa – Unidade I	Sertãozinho	31,0
Santa Elisa – Unidade II	Sertãozinho	4,0
Santa Clara	Jaboticabal	0,3
Santa Fé	Nova Europa	4,8
Santa Helena	Rio das Pedras	4,3
Santa Hermínia	Ibirarema	1,2
Santa Lúcia	Araras	4,4
Santa Luiza	Motuca	6,0
Santa Maria de Lençóis	Lençóis Paulista	1,2
Santa Rita	Santa Rita do Passa Quatro	5,2
Santa Rosa	Boituva	1,4
Santo António	Piracicaba	1,2
Santo António	Sertãozinho	6,6
São Carlos	Jaboticabal	6,8
São Domingos	Catanduva	8,0
São Francisco	Elias Fausto	4,2
São Francisco	Sertãozinho	3,3
São Luiz	Ourinhos	4,8
São João	Araras	12,0
São João da Boa Vista	São João da Boa Vista	30,0
São José	Macatuba	11,2
São José	Rio das Pedras	2,4
São José da Estiva	Novo Horizonte	19,5
São Luiz	Pirassununga	10,0
São Manoel	São Manoel	4,4
São Martinho	Pradópolis	19,0
Serra	Ibaté	2,4
Sobar	Espírito Santo do Turvo	3,9
UFA	Presidente Prudente	25,2
Unialcool	Guararapes	3,6
Univalem	Valparaíso	40,0
Usina da Pedra	Serrana	15,0
Vale do Rosário	Morro Agudo	36,0
Viralcool	Pitangueiras	20,0
Virgolino de Oliveira	Itapira	5,8
Vertente	Guaraci	8,0
Vista Alegre	Itapetininga	1,2
Zanin	Araraquara	8,0
<b>Total</b>		<b>1085,3</b>

**8.4 - ANEXO IV****Comparações entre as usinas de São Paulo e do Brasil sobre a capacidade de geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar**

Local	Capacidade total antes dos aumentos recentes ( MW )	Porcentagem em relação ao total do Brasil	Aumentos de capacidade em implantação ( MW )	Porcentagem em relação ao total após os aumentos em implantação	Total após aumentos ( MW )
São Paulo	1.085,3	59,9 %	950,7	87,6 %	2.036,0
Restante do Brasil	726,2	40,1 %	731,3	100,7 %	1.457,5
Total do Brasil	1.811,5	100 %	1.682,0	92,8 %	3.493,5

Fonte: ELETROBRÁS (2005), UNFCCC (2005), ANEEL (2005)

**8.5 - ANEXO V****Relação das usinas brasileiras de cana-de-açúcar que possuem projeto para participação no mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto**

(continua)

Número	Usina	Localização	Aumento da geração prevista no projeto ( MW )
1	Água Bonita	Tarumã / SP	17,0
2	Alta Mogiana	São João da Barra / SP	12,5
3	Alto Alegre	Presidente Prudente / SP	26,8
4	Barralcool	Barra do Bugres / MT	11,4
5	Barra Grande	Lençóis Paulistas / SP	60,0
6	Caeté	São Miguel de Campos / AL	16,8
7	Caeté – Delta	Delta / MG	15,0
8	Caeté – Volta Grande	Conceição das Alagoas / MG	46,0
9	Campo Florido	Campo Florido / MG	24,0
10	Catanduva	Catanduva / SP	6,0
11	Cerradinho	Catanduva / SP	49,8
12	Cresciumal	Leme / SP	18,4
13	Colombo	Ariranha / SP	80,0
14	Coruripe	Coruripe / AL	16,0
15	Cruz Alta	Olímpia / SP	40,4
16	Cucau	Rio Formoso / PE	1,0
17	Equipav	Promissão / SP	44,5
18	Giassa	Pedras de Fogo / PB	13,1
19	Goiassa	Goiatuba / GO	46,5
20	Itamarati	Nova Olímpia / MT	34,0
21	Iturama	Iturama / MG	11,0
22	Jales Machado	Goianésia / GO	28,0
23	João Lyra	Atalaia / AL	11,5
24	Lucélia	Lucélia / SP	28,3
25	Mandu	Guairá / SP	20,2
26	Maracai	Maracai / SP	36,8
27	Moema	Oriundiúva / SP	58,0
28	Nardini	Vista Alegre do Alto / SP	15,0
29	Nova América	Tarumã / SP	10,1
30	Petribu	Lagoa do Itaenga / PE	44,0
31	Pioneiros	Sud Mennucci	64,0
32	Ruette	Paraíso / SP	24,4
33	Santa Adélia	Jaboticabal / SP	34,0
34	Santa Cândida	Bocáina / SP	23,4
35	Santa Elisa	Sertãozinho / SP	42,0
36	Santa Terezinha	Tapejara / PR	50,5
37	Santo Antonio	Sertãozinho / SP	17,4

(continuação)

Número	Usina	Localização	Aumento da geração prevista no projeto ( MW )
38	São Francisco	Quirinópolis / GO	80,0
39	São Francisco	Sertãozinho / SP	2,8
40	São José	Macatuba / SP	17,4
41	São José Colina	Colina / SP	25,0
42	Serra	Ibaté / SP	12,6
43	Usina da Pedra	Serrana / SP	15,0
44	Vale do Rosário	Morro Agudo / SP	53,0
Total			1303,6

Fonte: UNFCCC (2006)