

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E CUSTO DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum*) DO PREPARO DE SOLO AO 5º CORTE

GILBERTO VIEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E CUSTO DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR
(Saccharum) DO PREPARO DE SOLO AO 5º CORTE**

GILBERTO VIEIRA

Orientador: Prof. Dr. ELIAS JOSÉ SIMON

Co-orientador: Prof. Dr. OSMAR DE CARVALHO BUENO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

**BOTUCATU – SP
Dezembro – 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCLAGEADO - BOTUCATU (SP)

V665a Vieira, Gilberto, 1955-
Avaliação energética e custo de produção da cana-de-açúcar (Saccharum) do preparo de solo ao 5º corte / Gilberto Vieira. - Botucatu : [s.n.], 2007.
xiii, 104 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Elias José Simon
Co-orientador: Osmar de Carvalho Bueno
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Solos - Preparo. 3. Agricultura - Custos. 4. Produtividade agrícola . I. Simon, Elias José. II. Bueno, Osmar de Carvalho. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

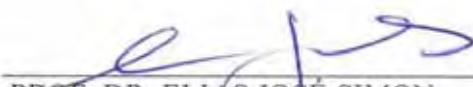
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E CUSTO DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR (Saccharum) DO PREPARO DE SOLO AO 5º CORTE”**

ALUNO: GILBERTO VIEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ELIAS JOSÉ SIMON

Aprovado pela Comissão Examinadora



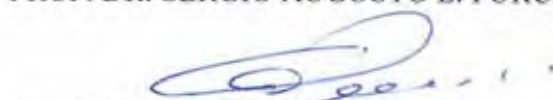
PROF. DR. ELIAS JOSÉ SIMON



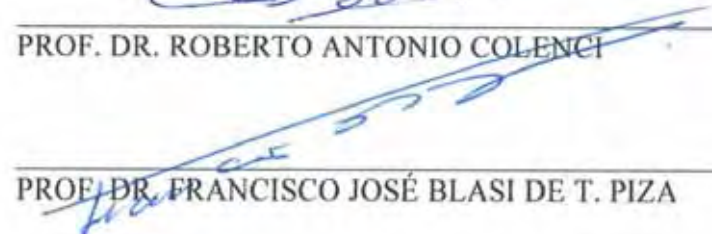
PROF. DR. FLAVIO ABRANCHES PINHEIRO



PROF. DR. SERGIO AUGUSTO L. FURCHI



PROF. DR. ROBERTO ANTONIO COLENCI



PROF. DR. FRANCISCO JOSÉ BLASI DE T. PIZA

Data da Realização: 04 de dezembro de 2007.

A minha esposa Renata com amor e carinho, pela compreensão e ajuda na realização deste trabalho e pela luta ao meu lado na batalha da vida por que passamos. Aos meus tesouros e orgulho, José Guilherme e José Victor, meus filhos, dedico.

A minha mãe e ao meu irmão Silas, que com certeza onde estão, torcem muito por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por esta oportunidade que é para poucos, pelas bênçãos recebidas tanto na saúde física como mental, para realização deste trabalho.

Aos Professores Doutores Elias José Simon e Osmar de Carvalho Bueno, pela orientação e por toda ajuda e compreensão na difícil fase por que tenho passado, vocês são realmente dois grandes amigos. Meu muito obrigado.

Ao Professor Doutor Flávio Abranches Pinheiro, pela grande contribuição na interpretação dos resultados, e aprendi desde o mestrado, que sou capaz de fazer coisas por mais impossíveis que sejam. Foi uma alegria muito grande ter feito parte da qualificação e da banca.

Aos membros da banca examinadora pela contribuição a este trabalho.

Às meninas da Seção de Pós Graduação, por toda atenção dispensada durante o curso. Obrigado Jaqueline, Kátia, Marlene e Marilene.

A minha grande amiga que me apresentou na usina, ao pessoal da área agrícola e da contabilidade. Muito obrigado por toda a presteza e atenção que me dedicaram. Eles sabem quem são.

Aos meus amigos Orivaldo ou “Vardo”, Fabrício e Luciano Momesso, por toda ajuda técnica fundamental para a realização desta pesquisa.

De coração, a todos, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4.1 A cana-de-açúcar no Brasil.....	9
4.2 Tipos de corte da cana-de-açúcar	10
4.2.1 Manual com queima prévia	10
4.2.2 Mecanizado sem queima prévia	13
4.2.3 Os primeiros estudos sobre balanço energético.....	17
4.2.4 O palhiço como gerador de energia.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 Material.....	25
5.2 Métodos	28
5.2.1 Análise energética.....	28
5.2.1.1 “Entradas e saídas” energéticas	28
5.2.1.1.1 Mão-de-obra	29
5.2.1.1.2 Mudas	29
5.2.1.1.3 Combustível, lubrificante e graxa.....	29
5.2.1.1.4 Máquinas, equipamentos e implementos.....	30
5.2.1.1.5 Corretivo de solo	31
5.2.1.1.6 Fertilizante químico.....	31
5.2.1.1.7 Agrotóxicos: herbicidas e inseticidas	31
5.2.1.1.8 Maturador	32
5.2.1.2 “Saída energética” ou energia produzida pela agricultura (EPA)	32

5.2.1.2.1 Cana-de-açúcar	32
5.2.1.2.2 Vinhaça	33
5.2.1.2.3 Material remanescente	34
5.2.2 Determinação dos custos	34
5.2.2.1 Custo da depreciação	35
5.2.2.2 Custo da depreciação por hectare	36
5.2.2.3 Custo da remuneração do capital (juros)	37
5.2.2.4 Juros sobre o capital por hectare	38
5.2.2.5 Custo de impostos	39
5.2.2.6 Custo de seguro	39
5.2.2.7 Custo do seguro por hectare	40
5.2.2.8 Custo de alojamento	40
5.2.2.9 Custo de alojamento por hectare	41
5.2.2.10 Custo de combustível e lubrificantes por hectare	41
5.2.2.11 Custo do comboio de manutenção, abastecimento e carro-pipa por hectare	42
5.2.2.12 Custo de reparos e manutenção	42
5.2.2.13 Custo de reparo e manutenção por hectare	42
5.2.2.14 Custo da mão-de-obra por homem dia	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1 Cana com queima prévia e colheita manual – Avaliação energética e custo de produção	45
6.1.1 Preparo do solo	45
6.1.2 Plantio	47
6.1.3 Tratos culturais	49
6.1.4 Colheita manual	51
6.2 Cana sem queima prévia e colheita mecanizada – Avaliação energética e custo de produção.	53
6.2.1 Preparo do solo	54
6.2.2 Plantio	54
6.2.3 Tratos culturais	54
6.2.4 Colheita mecanizada	56

6.3 Análise energética e custos de produção da cana-de-açúcar nos sistemas de cana com e sem queima prévia para colheita.	60
7 CONCLUSÕES	68
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima	12
Tabela 2 – Área não mecanizável, com declividade superior a 12% e/ou menor de 150ha, onde não se pode efetuar a queima.....	12
Tabela 3 – Resultados das capacidades operacionais no corte manual com queima	16
Tabela 4 – Resultados das capacidades operacionais no corte mecanizado sem queima.....	16
Tabela 5 – Custos finais do corte manual com queima e mecanizado sem queima (em R\$)....	16
Tabela 6 - Média da energia consumida na fase agrícola da produção de energia da cana-de-açúcar e da mandioca.....	18
Tabela 7 - Gasto energético da produção de cana-de-açúcar em Louisiana.....	20
Tabela 8 - Produção de colmos de cana, ponteiros, folhas verdes e palhas (t/ha).....	27
Tabela 9 – Gastos energéticos com preparo de solo (MJ/ha).....	45
Tabela 10 – Custos com o preparo de solo (R\$/ha).....	46
Tabela 11 – Gastos energéticos com o plantio (MJ/ha).....	47
Tabela 12 – Custo com o plantio de cana-de-açúcar para os dois sistemas (R\$/ha)	48
Tabela 13 – Gastos energéticos com tratos culturais na cana com queima (MJ/ha)	49
Tabela 14 – Custos totais com os tratos culturais para o sistema de cana queimada (R\$/ha)...	50
Tabela 15 – Rendimentos da cana queimada, colhidas nos cinco cortes anuais e os anos das colheitas	51
Tabela 16 – Gastos energéticos com a colheita da cana com queima (MJ/ha)	52
Tabela 17 – Custos totais com as colheitas para o sistema de cana queimada e corte manual (R\$/ha)	53
Tabela 18 – Gastos energéticos com tratos culturais da cana sem queima (MJ/ha).....	55
Tabela 19 – Custos totais com os tratos culturais para o sistema de cana crua (R\$/ha).....	56
Tabela 20 – Rendimentos da cana crua, colhidas nos cinco cortes anuais e as datas das colheitas	57
Tabela 21 – Gastos energéticos com a colheita da cana sem queima (MJ/ha).....	58
Tabela 22 – Custos totais com as colheitas de cana crua e corte mecanizado (R\$/ha)	59

Tabela 23 – Estrutura de dispêndios energéticos para produção de cana-de-açúcar para os sistemas de corte manual com queima e mecânico sem queima (MJ/ha)	61
Tabela 24 – Energia produzida e reciclada pelas culturas em vinhaça e material remanescente (MJ/ha)	65
Tabela 25 - Custos totais de produção / cana queimada e crua (R\$/ha).....	66
Tabela 26 – Informações sobre máquinas, implementos e veículos.....	80
Tabela 26 A – Informações sobre máquinas, implementos e veículos.....	81
Tabela 26 B – Informações sobre máquinas, implementos e veículos.....	82
Tabela 26 C – Informações sobre máquinas, implementos e veículos.....	83
Tabela 26 D – Informações sobre máquinas, implementos e veículos.....	84
Tabela 27 – Custos com o preparo de solo para cana com queima e sem queima (R\$/ha).....	85
Tabela 28 – Custos com plantio e tratos culturais p/ colheita com e sem queima prévia (R\$/ha)	86
Tabela 29 – Custos com tratos culturais após o 1º corte para cana com queima e sem queima (R\$/ha).....	87
Tabela 30 – Custos com tratos culturais após o 2º corte para cana com queima	88
Tabela 31 – Custos com tratos culturais após o 3º corte para cana com queima (R\$/ha)	89
Tabela 32 – Custos com tratos culturais após o 4º corte com cana queimada (R\$/ha)	90
Tabela 33 – Custos com tratos culturais após o 2º corte com cana sem queima (R\$/ha).....	91
Tabela 34 – Custos com tratos culturais após o 3º corte com cana sem queima.....	92
Tabela 35 – Custos com tratos culturais após o 4º corte com cana sem queima (R\$/ha).....	93
Tabela 36 – Custos com a 1ª colheita manual da cana com queima prévia (R\$/ha).	94
Tabela 37 – Custos com a 2ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).	95
Tabela 38 – Custos com a 3ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).	96
Tabela 39 – Custos com a 4ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).	97
Tabela 40 – Custos com a 5ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).	98
Tabela 41 – Custos com a 2ª colheita mecanizada e cana sem queima prévia (R\$/ha).....	99
Tabela 42 – Custos com a 3ª colheita mecanizada e cana sem queima prévia (R\$/ha).....	100
Tabela 43 – Custos com a 4ª colheita mecanizada e cana sem queima prévia (R\$/ha).....	101
Tabela 44 – Custos com a 5ª colheita mecanizada e cana sem queima prévia (R\$/ha).....	102

Tabela 45 – Fatores em quantidades de quilocalorias (kcal) e seus equivalentes em megajoules (MJ).	103
Tabela 46 – Estimação da massa total produzida (colmos, frações, ponteiros, folhas verdes e palha) por colheita.	104

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 – Participação por hectare, por fontes da utilização de energia direta, na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima...	63
Figura 2 – Participação por hectare, por formas de energia direta, na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima	64
Figura 3 – Participação por hectare, dos custos na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

ANBID	Associação Nacional dos Bancos de Investimentos
Anfavea	Associação Nacional dos Produtores de Veículos Automotores
C/Q	Com queima
cal	Calorias
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CDB	Certificado de Depósito Bancário
Cepea	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
Copersucar	Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
CV	Cavalo vapor
Esalq	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”
FAO	Food and Agriculture Organization
FGV	Fundação Getúlio Vargas
h	Hora
ha	Hectare
IEA	Instituto de Estudos Avançados / USP
IGP-M	Índice Geral de Preços de Mercado
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<i>Input</i>	Entrada
IPVA	Imposto sobre a propriedade de veículos automotores
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
m ³	Metro cúbico

Mcal	Megacalorias
MJ	Megajoule
N P K	Nitrogênio (ou azoto), Potássio e Fósforo
Nipe	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético
<i>Otput</i>	Saída
PCI	Poder calórico inferior
Proálcool	Programa Nacional do Alcool
R\$	Reais
S/Q	Sem queima
t	Tonelada
TU	Tempo utilizado
Ufscar	Universidade Federal de Campinas
Unica	União da Agroindústria Canavieira de São Paulo
Unicamp	Universidade de Campinas
US\$	Dólar
VU	Vida útil

1 RESUMO

Motivados pelo interesse internacional no álcool combustível (etanol) e com a crescente demanda interna, o setor sucro-alcooleiro está em franca expansão, seja em novas unidades produtoras ou aquisições e fusões. Este cenário tem levado à expansão da área plantada.

Os objetivos principais deste trabalho foram proceder a análise energética da cultura e realizar o levantamento do custo de produção nas condições de corte manual com queima prévia da palha e corte mecanizado sem a queima do canavial, ao longo de cinco anos de produção (2001 – 2006). O trabalho foi realizado em uma usina produtora de açúcar e álcool do interior do Estado de São Paulo, considerada de médio porte e com utilização das melhores técnicas de produção. Incluem-se aqui desde o preparo de solo das áreas a renovar, plantio, tratos culturais e cinco colheitas. Na estrutura de dispêndios energéticos foram quantificadas as entradas de energia (*input*) e as saídas de energia (*output*), determinando-se a eficiência cultural de um ciclo completo na produção de cana-de-açúcar. Paralelamente, foram calculados os custos de produção por fases e também do ciclo completo para se produzir cana-de-açúcar.

Os resultados evidenciaram, para a cana queimada, uma dependência de 66,33% de energia do tipo direta com destaque para a fonte biológica em 51,80%, sendo as formas de energia contidas nas mudas e na mão-de-obra responsáveis por 50% e 1,8% da participação, respectivamente. De maneira geral, destacou-se também o dispêndio energético

com fertilizantes, representando 29,65% e óleo diesel em 14,25%. A energia líquida encontrada nesse sistema foi de 2.030.792,97 MJ/ha com uma eficiência cultural de 20,90, isto é, para cada unidade de energia injetada na cultura, produz-se 19,90 de energia líquida.

No sistema de colheita de cana sem queima, constatou-se uma dependência de energia do tipo direta igual a 71,17%. A participação de fontes biológicas também se destacaram no interior desse sistema, alcançando 43,31%. Enquanto o conteúdo energético representado pelas mudas atingiu 51.037,9 MJ/ha, representando 42,49%, a participação da mão-de-obra chegou a 0,82%. Os fertilizantes tiveram participação significativa na matriz energética com utilização de 25,20%, o mesmo ocorrendo com o óleo diesel, 27,54%. A energia líquida encontrada foi de 1.888.805,86 MJ/ha, com uma eficiência cultural de 16,73.

O custo por tonelada produzida foi de R\$ 27,72 para a cana queimada e de R\$ 30,12 para a cana crua. No caso do sistema de colheita manual a mão-de-obra representou 34,28% dos custos totais seguido dos insumos em 31,70% e pela mecanização em 22,49%. Já para o sistema de colheita mecanizada, a mecanização representou 41,76% do total dos custos, seguida pelos insumos em 31,99% e a mão-de-obra com 17,85%.

Conclui-se que a construção de estrutura de dispêndios energéticos e o cálculo do custo de produção são instrumentos importantes e complementares para tomadas de decisões, destacando-se a utilização eficiente e racional de energia diante das suas maiores dependências e da preservação do emprego no campo, com mão-de-obra qualificada para atender a mecanização.

SUGAR CANE ENERGETIC VALUATION AND PRIME COST ON EARTH PREPARATION AT FIFTH CUT. Botucatu, 2007. 105p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GILBERTO VIEIRA

Adviser: PROF. DR. ELIAS JOSÉ SIMON

Co-Adviser: PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO

2 SUMMARY

Motivated by the international interest in alcohol fuel (ethanol) and with internal growing demand, the sugar-alcohol sector is in imminent expansion, both new productive units and acquisition and fusion. This scene has expanded cultivated area.

The main objectives of this work were to proceed the culture energetic analysis and make prime cost on manual cutting conditions with previous straw burning and mechanic cutting without cane plantation burning between 2001 and 2006. The work was achieved at a cane and alcohol factory in the country of the state of São Paulo, considered medium productivity and with the use of better production techniques. It was here included the ground preparing, plantation, culture treatment and five crops. On energetic consumption, energy input and output were quantified, determining culture efficiency of a whole cycle on sugar cane production.

The results showed, to burned cane, a dependency of 66,33% of direct type energy with great attention to biological source 51,80%, being energy kinds contained in seedling and workmanship responsible for 50% and 1,8% respectively. In general terms, energetic consumption detached due to fertilizing representing 29,65% and fossil fuel, 14,25%. The liquid energy found on this system was 2.030.792,97 MJ/ha with culture efficiency of 20,90.

On no-burning crop system, a dependency of energy equivalent to 71,77% was established. The participation of biological sources also stood out in the interior

of this system, reaching 43,41%. While energetic content, represented by seedlings, reached 51.037,9 MJ/ha, representing 42,49%, the participation of workmanship reached 0,82%. Fertilizing had a significant participation on energetic matrix using 25,20%, and the same happened to diesel oil 27,54%. The liquid energy found was equivalent to 1.888.805,86 MJ/ha with a culture efficiency of 16,73.

The produced per ton cost was R\$ 27,72 to burned cane and R\$ 30,12 to raw cane. For manual crop, workmanship represented 34,28% of the total cost followed by input in 31,70% and by mechanization in 22,49%. To the crop of mechanic system, the mechanization represented 42,76% of the total cost, followed by input in 31,99% and workmanship with 17,85%.

The construction of energetic consumption and the production cost calculation are important and complementary instruments to take decision, standing out the efficiency and rational energy use before one of its major dependencies and the preservation of employment in the field.

Keywords: sugar cane, energetic valuation, prime cost.

3 INTRODUÇÃO

A economia brasileira teve no açúcar um importante destaque em seu crescimento e desenvolvimento. Com a crise do petróleo na década de 1970, houve a institucionalização, em 14 de novembro de 1975, do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que incentivava as montadoras a desenvolverem e a fabricarem motores movidos a álcool. Com isto, dava-se início e incentivo ao crescimento agro-industrial e conseguia-se menor dependência de uma fonte energética fóssil, gerando resultados positivos na economia pelos investimentos e geração de empregos. Embora com percalços, estes efeitos foram conseguidos com muito sucesso, pois nos últimos anos, tem-se verificado um crescimento acelerado da agroindústria da cana-de-açúcar, com perspectivas ainda melhores em sua evolução para os próximos anos, seja em quantidade, seja em aprimoramento tecnológico e/ou produção.

Em projeto e em construção, mais 106 novas usinas deverão estar prontas até 2010, conforme Messias (2006, p. 12), sendo 40 delas na região Centro-Sul, que atualmente responde por 85% da produção nacional de cana-de-açúcar. Este “boom” no setor sucro-alcooleiro deve-se ao aumento expressivo do uso de álcool combustível no mercado interno, pelo nível de desenvolvimento tecnológico dos veículos com motores bicom bustíveis (*flexfuel*) e às excelentes e crescentes perspectivas para a exportação de etanol.

Segundo Magalhães (2006, p. 16), a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica), baseada em estudos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), aponta

que a região Centro-Sul deverá colher na safra 2006/07 cerca de 375 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, contra 336,8 milhões de toneladas colhidas na safra anterior, ou seja, um aumento da ordem de 11,32%. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área utilizada na safra anterior foi de 6 milhões de hectares em nível nacional e para a atual safra a estimativa é de um incremento de 400 mil hectares plantados, representando um aumento na ordem de 6,67%.

A produção de açúcar e álcool no Brasil é mundialmente considerada a de menor custo em razão do contínuo aprimoramento da logística de preparo do solo até à industrialização, sempre na busca de menor custo e maior produtividade. Para alargar ainda mais a eficiência produtiva desta atividade, tem-se constatado um aumento expressivo através da mecanização do plantio, como consta de uma pesquisa feita por Rípoli (2006 apud ANSEMI, 2006, P. 30). O pesquisador relata a venda, em 2006, de 13 plantadoras da fabricante Santal de Ribeirão Preto, SP, para usinas da região. Ainda em 2006, a empresa Sermag de Serrana, SP, comercializou 10 plantadoras à Usina Itamarati de Nova Olímpia, MT. Conforme Ripoli, as máquinas apresentam um baixo custo operacional e um rendimento de 0,8 a 1,2 hectare por hora.

Há de se cumprir no Estado de São Paulo, por parte das usinas e fornecedores de cana-de-açúcar, a Lei n.º 10.547, de 02 de maio de 2000, que regulamenta os procedimentos da queimada da palhada da cana e a Lei n.º 11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha. Estas medidas têm provocado aumento dos índices de mecanização da colheita, resultando em impactos significativos sobre o emprego neste setor e sobre a economia regional, assim como deverá ocorrer com a utilização das plantadoras.

No momento em que há no país aumento de área plantada de cana-de-açúcar e instalação de novas unidades produtoras de açúcar e álcool, torna-se necessário uma análise energética em todas as suas fases de produção, na qual a fase agrícola tem papel fundamental. Isso se deve por conta da preocupação maior em depender cada vez menos de uma energia de origem fóssil, o petróleo, em prol de uma energia renovável em que a cana-de-açúcar tem peso significativo para se produzir o álcool combustível, no bagaço ou palha para queima em caldeiras para gerar vapor e, por consequência, energia elétrica para a unidade processadora, com excedente para vender às companhias distribuidoras.

O panorama atual em que se encontra o setor sucro-alcooleiro é de aumento acelerado na implementação de novas unidades industriais e conseqüentemente do aumento de áreas plantadas com a cana-de-açúcar. As novas unidades, assim como as antigas, têm-se utilizado das mais modernas tecnologias de industrialização e de produção de cana: desde o plantio até a colheita mecanizada. Isto significa uso intensivo de energia não renovável com grande dependência do óleo diesel.

Outro fato preocupante é que, com a eliminação das queimadas como método despalhador para o corte manual, os trabalhadores estão sendo substituídos por colhedoras e isto deverá trazer problemas quanto aos aspectos social e econômico, em que esta porção de mão-de-obra ficará na marginalidade do desemprego e da massa salarial que deixará de incorporar-se na economia local onde estão fixados.

O problema que direciona este trabalho é que a produção de cana-de-açúcar desde o preparo do solo, plantio, os tratos culturais e os cinco cortes, para novamente reformar a área, utiliza-se intensamente de energia não renovável, principalmente os subprodutos do petróleo, e as unidades produtoras têm dado maior importância ao fator econômico sem a preocupação com os gastos energéticos que a cultura requer.

A hipótese que direciona esta pesquisa é de que não se conhece o balanço energético na produção de cana-de-açúcar desde a preparação de solo, plantio, tratos culturais e nos cinco cortes, tanto para o sistema de corte manual e cana queimada como para o corte mecanizado e cana crua.

O objetivo geral do presente trabalho é fazer uma análise energética, isto é, das “entradas” (*inputs*) e com as “saídas” (*outputs*), e do custo de produção em cada fase da cultura, tanto para o sistema de corte manual com queima prévia da cana, como no sistema de corte mecanizado e cana crua nos cinco cortes em uma usina do interior do Estado de São Paulo.

Para isso, especificam-se os seguintes objetivos para os dois sistemas de produção e corte: determinar os gastos energéticos e custo de produção da cana-de-açúcar em cada fase, construir a estrutura de dispêndios energéticos total da produção de cana, levantar os custos totais de produção, verificar as maiores dependências energéticas por tipo, fonte e forma, e estabelecer uma relação entre o consumo de energia e custo de produção.

Com tais objetivos, acredita-se oferecer elementos suficientes para

análise e tomadas de decisão quanto às formas mais eficazes e racionais em cada fase de produção de cana-de-açúcar, quanto as dependências energéticas por tipo, fonte e formas e aos custos, procurando outras fontes de energia renováveis e assim, contribuir também com menor emissão de CO₂ na atmosfera.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A cana-de-açúcar no Brasil

Conforme Salibe (2002, p. 27), a cana-de-açúcar foi introduzida na América por Cristóvão Colombo e no Brasil, em 1532, por Martin Afonso de Souza, inicialmente como planta ornamental. Por sua doçura foi utilizada como garapa e depois como açúcar e aguardente.

Segundo a Copersucar (2006), há registros que a provável origem da cana-de-açúcar tenha acontecido em regiões próximas à Índia, há 6 mil anos a.C. Na Antigüidade, seu uso restringia-se a ser uma especiaria exótica, utilizada somente como tempero e remédio, sendo os alimentos adocicados preparados com mel de abelhas. Descreve também que: “O termo sânscrito *sarkara* deu origem a todas as versões da palavra açúcar nas línguas indo-européias: *sukkar* em árabe, *saccharum* em latim, *zuccher* em italiano, *seker* em turco, *zucker* em alemão, *sugar* em inglês”.

A primeira crise do petróleo em 1973, decorrente de uma brusca elevação no preço do barril, provocou uma retração violenta na economia mundial, havendo assim a necessidade de buscar alternativas energéticas, como relata Barbieri (2005, p. 11). Com o objetivo principal de diminuir a dependência externa de energia, por uma questão estratégica de segurança nacional, foi criado, em 14 de novembro de 1975, o Programa

Nacional do Álcool, o Proálcool. Barbieri descreve ainda que o programa tinha, além do projeto principal, como objetivos melhorar o balanço de pagamentos, reduzir disparidades regionais de renda, expandir a produção de bens de capital e gerar empregos. Apesar das dificuldades iniciais na sua implementação, o Proálcool teve como êxito um grande desenvolvimento tecnológico nos setores agrícola e industrial da cana-de-açúcar, aliando competências técnicas de importantes indústrias, instituições de pesquisa, tecnologia, política industrial e planejamento energético. O artigo de Barbieri (2005, p. 11), relata ainda que a produção mundial de petróleo deve atingir seu pico em 20 anos e o seu preço deve crescer significativamente, o que ocasionará uma crise de escassez.

Há um aumento sistemático da demanda pelo veículo bicombustível (álcool e gasolina), porque, com os ganhos de eficiência pelo setor agroindustrial da cana-de-açúcar, é possível produzir álcool a um custo inferior ao da gasolina. Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Veículos Automotores (Anfavea) (ÁLCOOL OU ..., 2006 p. 27), as vendas de carros bi-combustíveis representaram 80% do total de veículos de passeio que saíram das montadoras. Atualmente, dos 15 bilhões de litros de álcool produzidos, 85% são consumidos internamente e o restante para exportação. Ainda segundo o artigo de Barbieri (2005, p. 11) no Jornal da Unicamp, consta, em um estudo do professor José Antonio Scaramucci, do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe) da Unicamp, que o Brasil é o maior produtor de álcool do mundo, significando 15 bilhões de litros por ano, isto é, 36 % do total mundial produzido, sendo ainda o único com capacidade de expansão da cultura da cana-de-açúcar, possuindo 90 milhões de hectares de área agricultável.

4.2 Tipos de corte da cana-de-açúcar

4.2.1 Manual com queima prévia

A cana-de-açúcar destinada à indústria para produção de açúcar, álcool e aguardente, pode ser cortada de forma manual com a despalha crua ou queimada a fogo. Na maioria dos países produtores de cana-de-açúcar é comum a prática da queima da palha para o

seu corte, método este facilitador. Delgado (1985, p. 42) relata que a partir de 1950 a queima da palha aumentava a produtividade do cortador em tal nível que, de 1 a 2 toneladas de cana por dia, passou a cortar de 4 a 6 toneladas por dia. Isto significou um grande aumento de produtividade mesmo em um período de escassez de mão-de-obra. Ainda, segundo o mesmo autor, na década de 60 a colheita da cana consolidou-se pela queima, corte manual, carregamento mecânico e pelo transporte rodoviário. A partir da década de 70 foram desenvolvidas as primeiras colhedoras de cana em toletes.

Cortar os colmos de cana-de-açúcar sem queima é uma tarefa impraticável, como relatam Robin e Yamashita (1989, p. 24): as folhas cruas representam riscos aos olhos, rosto e braço do trabalhador. O corte basal também representa um grande risco de acidente nas pernas e pés, enquanto que com a cana queimada há o risco originado da fuligem da queima, podendo provocar acidentes aos olhos (corpo estranho), irritações na pele e ao sistema respiratório.

A prática do corte manual com o emprego do fogo, como método despalhador, intensificou-se grandemente no país, sendo também utilizado no corte mecanizado. Furlani Neto et al. (1996, p. 20) compararam o desempenho operacional de colhedora em canaviais com e sem queima prévia na safra 1993/1994 na Usina Santa Lydia, localizada em Ribeirão Preto, SP, e constataram um desempenho maior no corte em cana queimada sobre a cana crua na ordem de 16,65% na variedade de cana SP71-1406 e de 13,595 na variedade SP71-6163.

Há muito tempo vêm sendo pesquisados os efeitos colaterais resultantes da queima dos canaviais sobre a saúde humana. Segundo Bohm (1998, p. 40), as queimadas provocam asfixia e acidentes de estrada por falta de visão e, em alguns casos, podem levar ao óbito. A inalação do monóxido de carbono (CO) provoca reações sistêmicas do sistema respiratório e, persistindo a poluição, leva a uma alteração patológica como inflamação das vias aéreas, infecção por microorganismos, inflamação e infecção crônica das vias respiratórias.

Vieira (2003, p. 48) verificou, na safra 2001/02 da Usina da Barra em Barra Bonita, SP, uma capacidade operacional de 3,13 toneladas/homem/dia para o corte com cana crua contra 7,25 toneladas/homem/dia para a cana previamente queimada. Paralelamente, na mesma safra, constatou em condições de talhões semelhantes na Usina Diamante em

Potunduva, SP, de 3,51 toneladas/homem/dia para cana crua e 7,52 toneladas/homem/dia para cana queimada. Estes resultados evidenciam o aumento da produtividade do fator trabalho humano.

Em 2002, o governo de São Paulo tomou uma medida regulamentadora, sobre a prática da queima dos canaviais no estado, com a aprovação da Lei Nº 11.241, de 19 de Setembro de 2002, regulamentada pelo Decreto Nº 47.700, de 11 de Março de 2003, em que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Os prazos e as porcentagens de eliminação podem ser avaliados nas Tabelas 1 e 2. Especificamente, a Tabela 1 é para as áreas mecanizáveis em que devem ter declividade máxima de 12% e área superior a 150ha. Na Tabela 2, enquadram-se as áreas menores de 150ha ou que o relevo tenha declividade superior a 12%.

Tabela 1 – Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima

ANO	ÁREA CORTADA (%)	ELIMINAÇÃO DA QUEIMA (%)
1º Ano – 2002	20	20
5º Ano – 2006	30	30
10º Ano – 2011	50	50
15º Ano – 2016	80	80
20º Ano – 2021	100	100

Fonte: Diário Oficial do Estado de São Paulo, Decreto Nº 47.700, de 11 de março de 2002, Artigo 2º

Tabela 2 – Área não mecanizável, com declividade superior a 12% e/ou menor de 150ha, onde não se pode efetuar a queima

ANO	ÁREA CORTADA (%)	ELIMINAÇÃO DA QUEIMA (%)
10º Ano – 2011	10	10
15º Ano – 2016	20	20
20º Ano – 2021	30	30
25º Ano – 2026	50	50
30º Ano – 2031	100	100

Fonte: Diário Oficial do Estado de São Paulo, Decreto Nº 47.700, de 11 de março de 2002, Artigo 2º

Há muito tempo, a agroindústria canavieira vem desenvolvendo e testando o sistema de corte mecanizado. Com as medidas ambientais adotadas pelo governo do estado, este processo tem-se acelerado. A alternativa de colher a cana mecanicamente em substituição a colheita manual, tem sido o tema principal de discussões pelos seus vários aspectos, tais como: agrônômico, técnico, econômico, social e ambiental.

No aspecto ambiental, atualmente em todos os países, tem-se discutido muito as razões, os principais responsáveis e possíveis medidas de contenção sobre aquecimento global. O principal gás causador do efeito estufa é o dióxido de carbono (CO_2), e a queima dos canaviais, como método pré-colheita, tem contribuído na emissão de gases.

Ripoli e Ripoli (2004, p. 26), salientam que, na verdade, o que se queima nos canaviais são as folhas secas ou comumente denominadas de palha. Os colmos, ponteiros e folhas verdes não sofrem combustão. Os autores relatam que, na queima do palhiço de 1 tonelada de cana, produz-se de imediato na atmosfera 0,243t de dióxido de carbono, ou seja, 243,1Kgf de CO_2 . Mas, ao mesmo tempo, durante o ciclo vegetativo da cana-de-açúcar, a cultura necessita de 0,561t de absorção de CO_2 em seu processo de fotossíntese. Estes resultados têm levado alguns defensores do processo de queima prévia dos canaviais, a uma ilusão falsa, pois não levam em conta, no processo de respiração o período noturno da emissão de CO_2 , e este processo ocorre durante o período vegetativo que pode ser de 12 ou 18 meses.

Na utilização de máquinas colhedoras no corte com cana crua, Ripoli e Ripoli (2004, p. 25), descrevem que para 1 litro de óleo diesel utilizado, produz-se 3,69 kg/ CO_2 .

4.2.2 Mecanizado sem queima prévia

Há anos que pesquisadores têm estudado as vantagens e desvantagens na mudança do sistema de corte da cana-de-açúcar, de manual para o mecanizado, sejam operacionais ou econômicos.

Em importante trabalho sobre os novos desafios da colheita mecanizada, Rípoli e Villa Nova (1992, p. 30) enaltecem o esforço de algumas usinas, como a Costa Pinto de Piracicaba, SP, por exemplo, que no início da década de 90 importaram cinco colhedoras cubanas. A usina, juntamente com a Esalq e Ufscar implantou um amplo trabalho de pesquisa com duração de quatro anos, para analisar e pesquisar não apenas o processo de colheita substitutiva da colheita manual, mas algo mais abrangente: o comportamento do canavial colhido por máquinas, as variáveis do processo de colheita, aspectos nutricionais, de microbiologia do solo, desenvolvimento vegetativo da cultura, sanidade e outros, levando-se em conta as questões econômicas e de aproveitamento do palhiço como fonte energética.

Num trabalho bastante aprofundado, Veiga Filho et al. (1994, p. 43), estudaram a mecanização do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, relatando que, apesar de o Brasil ter tido a primeira experiência neste sistema em 1956, em escala comercial o seu marco foi 1973 em São Paulo. Apresentam pormenorizadas condicionantes à adoção intensiva ao corte mecanizado com cana crua, principalmente pela substituição de mão-de-obra. Uma das condicionantes, descrita pelos autores, refere-se ao mercado de trabalho, mais especificamente nas relações de trabalho, trabalhadores e usineiros. A forte mecanização, principalmente na região de Ribeirão Preto, SP, teria acontecido não pelo fato do menor custo em relação ao corte manual, mas em função do pesado poder de barganha dos trabalhadores. Segundo Ficher (1993 apud VEIGA FILHO et al. 1994, p. 46), isto sinaliza que as unidades produtoras enquanto puderem socializar os custos do trabalho temporário, o farão, mesmo que às custas de perda de produtividade.

Outro aspecto apresentado por Veiga Filho et al. (1994, p. 46) é a transformação no processo agrícola. A unidade produtora busca na cana-de-açúcar a sua matéria-prima da mais alta qualidade, o que requer melhor adequação de variedades a condições edafoclimáticas (solo e clima) e condução técnica da cultura, que vão desde o preparo de solo até o momento do corte, carregamento e transporte até a unidade processadora. A mecanização só é possível em terrenos com declividade inferior a 12%, pois muitas áreas devem ser replanejadas desde o preparo do solo com limpeza total do terreno retirando todas as irregularidades possíveis e planejar o traçado dos talhões e dos carregadores a fim de evitar-se as perdas de tempo no corte e congestionamentos de trânsito na área. Ressaltam também a influência sobre a qualidade tecnológica, pois para a indústria a parte mais importante é o

caldo que dará origem ao açúcar, álcool e subprodutos.

Também tem sido objeto de pesquisa a mudança de cana queimada para cana crua mesmo no sistema de corte mecânico. Furlani Neto et al. (1996, p. 18) avaliaram, na safra de 1993/1994 na Usina Santa Lydia em Ribeirão Preto (SP), com uma colhedora Santal Amazón, o desempenho operacional em canaviais com e sem queima prévia, e concluíram pela viabilidade da colheita em cana crua, que apesar da diminuição do rendimento de corte, tem a seu favor a melhoria na qualidade tecnológica, diminuição de impurezas minerais e manutenção dos resíduos pós-colheita sobre o solo evitando assim a perda energética com a queima dos canaviais.

A preocupação com a mudança de alternativa de corte manual com queima para sistema mecanizado sem queima, já vem sendo estudado há um bom tempo. Segundo Magro (1998, p. 31), a queima da palha é uma necessidade para facilitar o corte manual. Com o aumentado gradativo das áreas plantadas, o sistema de cana crua tornou-se uma nova opção, viabilizada pelo desenvolvimento tecnológico das colhedoras. O mesmo autor conclui que a colheita mecanizada é vantajosa porque o sistema de corte manual é inviável tanto economicamente, como socialmente, pelo perigo que representa à segurança das pessoas envolvidas na atividade do corte. Cita ainda algumas vantagens do sistema, entre elas as que favorecem a conservação do solo, promove o aumento de matéria orgânica no solo, aumenta a produtividade agrícola, viabiliza a existência de canaviais próximos ao setor urbano, rodovias, ferrovias, mananciais de água, etc. A palha pode ser usada para produzir vapor e eletricidade e promover o equilíbrio ecológico ambiental.

Veiga Filho (1998 p. 26) indica, em um trabalho sobre os fatores explicativos da mecanização canavieira no Estado de São Paulo, que a competitividade das unidades produtoras em conseguir matéria-prima de excelente qualidade para a produção de açúcar e álcool vem da lavoura e, a mecanização no corte da cana-de-açúcar traz sem dúvida uma eficiência técnica e redução considerável nos custos. As questões técnicas de planejamento, adaptação da cultura ao corte mecanizado em cana crua e o atendimento da indústria produtora dos equipamentos tem-se desenvolvido e interagido cada vez mais entre os dois setores.

Nas Usinas da Barra em Barra Bonita, SP, e Diamante em Potunduva, SP, Vieira (2003) fez uma comparação da capacidade operacional e dos custos nas duas

unidades produtoras, do corte manual com queima e no corte mecanizado sem queima, em que chegou aos resultados apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5, referentes a safra 2001/2002. O autor concluiu pela perfeita viabilidade operacional e produtividade do fator trabalho em favor do corte mecanizado, variável esta importante para a unidade de produção. A questão produtividade é evidenciada nas Tabelas 3 e 4, sendo a mudança do sistema de corte ainda mais vantajoso comparando-se os seus custos apresentados na Tabela 5.

Tabela 3 – Resultados das capacidades operacionais no corte manual com queima

CAPACIDADES	USINA DA BARRA	USINA DIAMANTE
Toneladas/homem/dia	7,25	7,52
Toneladas/homem/hora	0,989	1,026

Fonte: Levantamento realizado nas unidades produtoras

Em relação ao desemprego, causado pela opção do sistema de corte mecanizado, Vieira e Simon (2005, p. 6) estimaram o emprego líquido para o caso da Usina da Barra e Usina Diamante, com base na safra 2001/02, para os períodos que a legislação exige, conforme a Tabela 1, a eliminação da área queimada em 50%, 80% e 100%.

Tabela 4 – Resultados das capacidades operacionais no corte mecanizado sem queima

CAPACIDADES	USINA DA BARRA	USINA DIAMANTE
Toneladas/máquina/dia	560	600
Toneladas/máquina/hora	28,61	30,10

Fonte: Levantamento realizado nas unidades produtoras

Tabela 5 – Custos finais do corte manual com queima e mecanizado sem queima (em R\$)

UNIDADES	MANUAL – C/Q	MECANIZADO – S/Q
Usina da Barra	6,9303	6,8323
Usina Diamante	3,8533	5,0435

Fonte: Levantamento realizado nas unidades produtoras. C/Q=com queima S/Q = sem queima.

Para a Usina da Barra os resultados foram de -358, -1.305 e -1.940 postos de trabalho respectivamente. No caso da Usina Diamante foram de -138, -292 e -397 empregos. Os autores também chamam a atenção para a massa salarial que deixará de ter o seu efeito multiplicador na economia local, trazendo situações mais difíceis para o setor econômico e social das cidades onde estão localizadas as usinas.

4.2.3 Os primeiros estudos sobre balanço energético

A agricultura atual tem utilizado, em escala crescente, máquinas, implementos, com objetivo principal de aumentar a produtividade do trabalho, fator este que é intensivo na atividade sucro-alcooleira. Neste cenário, há uma substituição da energia humana em detrimento da energia fóssil, principalmente pelo uso do petróleo como fonte de combustível, lubrificantes e pneus. Com isto, passou-se a investigar não só a eficiência econômica dos processos de produção agrícola, mas também a melhor eficiência energética, podendo resultar numa avaliação comparativa, que pode ser denominada de análise econômico-energética. No mundo de hoje, buscam-se outras fontes alternativas de energia e que permitam depender cada vez menos do petróleo e seus derivados. Por conta disto, o álcool combustível ou etanol é aceito como alternativa viável, renovável e limpa para o ecossistema.

A preocupação com a crise de energia já chamava a atenção de Pimentel et al. (1973, p.443) quando na produção de alimentos apresentam a média de energia “inputs” para diferentes anos de produção da cultura do milho, isto é, 1945, 1950, 1959, 1964 e 1970. Notavam nestas datas, o enorme gasto em kcal no uso de máquinas e a grande quantidade de galões de gasolina gastos nestas safras. Os autores concluem que havia necessidade, imediata, de reduzir estes gastos com alternativas menos dependentes da utilização de produtos originários do petróleo.

Silva et al. (1978, p. 903) estudaram a energia requerida para produção de álcool para três diferentes culturas, cana-de-açúcar, mandioca e *sweet sorghum* (haste de sorgo doce), apesar de esta última não ser produzida no Brasil. As médias do consumo de energia requerida para a cana-de-açúcar e mandioca estão apresentadas na Tabela 6. Pode-se perceber a intensa utilização de energia requerida pela cana-de-açúcar e mandioca, no tocante

a combustível em 2.635 Mcal/ha para a produção de cana (47,76%) e de 2.654 Mcal/ha para a produção de mandioca (51,58%). Os fertilizantes (NPK) representaram 1.474 Mcal/ha (26,71%) para a cana-de-açúcar e para mandioca o valor de 1.372 Mcal/ha (26,67%). Portanto, de energia de origem fóssil totaliza um gasto de energia na ordem de 4.109 Mcal/ha (74,47%) para a cana e de 4.026 Mcal/ha (78,25%) para a mandioca, isto de combustível e NPK.

Tabela 6 - Média da energia consumida na fase agrícola da produção de energia da cana-de-açúcar e da mandioca

Inputs	Cana-de-açúcar		Mandioca	
	Mcal/ha	%	Mcal/ha	%
Trabalho manual	158	2,86	273	5,31
Máquinas	850	15,41	400	7,77
Combustíveis	2.635	47,76	2.654	51,58
Nitrogênio (N)	1.204	21,82	1.111	21,59
Fósforo (P)	78	1,41	146	2,84
Potássio (K)	192	3,48	115	2,24
Cal	50	0,91	100	1,95
Semente	273	4,95	250	4,86
Inseticida	4	0,07	48	0,93
Herbicida	73	1,32	48	0,93
TOTAL	5.517	100,00	5.145	100,00

Fonte: Adaptada da Tabela 2 de Silva et al. (1978, p. 904).

Serra et al. (1979) realizaram um importante e detalhado estudo para avaliar a energia investida na fase agrícola de dez culturas no Estado de São Paulo, inclusive a cana-de-açúcar. Este trabalho serviu como ponto de partida para outras pesquisas com intuito de verificar a eficiência cultural na produção agrícola das mais diversas culturas no Brasil. As culturas estudadas foram a cana-de-açúcar, mandioca, milho, algodão, trigo, soja, eucalipto, pinos, tomate e batata. Os autores apresentaram uma metodologia para a mensuração do consumo energético das culturas escolhidas, constatando que a participação da energia fóssil representou aproximadamente 80% do total requerido para a produção agrícola. Somente os

combustíveis têm uma participação de 38% no total.

Para a agricultura americana, Pimentel (1980) apresentou um manual de utilização de energia investida na agricultura. Este manual também tem sido, assim como o de Serra et al. (1979), fonte de dados e metodologia para pesquisas posteriores.

Entre as culturas pesquisadas por Pimentel (1980, p. 136), tais como aveia, arroz, sorgo, centeio, soja, ervilha, vegetais e frutas, também calcularam a energia investida (*input*) e a energia produzida (*output*) por hectare/ano na produção de cana-de-açúcar na Louisiana, com os seguintes resultados mais significativos por ordem decrescente: óleo diesel em 3.241.576 kcal/ha, NPK em 2.425.400 kcal/ha e maquinaria em 1.296.000 kcal/ha. De energia produzida chegaram ao resultado de 17.482.510 kcal/ha e que resultou numa eficiência cultural na ordem de 1,81.

Estudo sobre a análise de energia líquida na produção de álcool da cana-de-açúcar, Hopkinson Jr e Day Jr (1980, p. 302) determinaram o custo energético na produção de cana-de-açúcar na Louisiana como apresentado na Tabela 7, obtendo um total de 8.481 kcal/ha $\times 10^3$ sendo 0,3% de energia despendida com a mão-de-obra, 18,6% com a mecanização ou maquinaria utilizada, 26,3% com fertilizantes. Destacam-se neste estudo, a dependência de combustível, sendo ele produto fóssil, e a gasolina, que representou 47,6% (4.063 kcal/ha $\times 10^3$). Concluíram ainda que de toda energia requerida no processo agrícola e industrial, é o álcool o mais perfeitamente útil como energia requerida na indústria e, ainda um substituto para o petróleo.

O aumento da utilização de modernas tecnologias na agricultura tem significado um consumo intenso de energia não humana. Enquanto este avanço tecnológico faz uso intensivo de máquinas e implementos movidos à energia elétrica e de petróleo, a atividade de produção rural convencional utiliza-se grandemente do trabalho humano. Neste novo paradigma de produção agrícola, Junqueira et al. (1982, p. 55) fazem um amplo e significativo estudo sobre a utilização de energia na agricultura paulista. Neste trabalho foram levantados a utilização de energia elétrica, frota de veículos, máquinas, produção de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo e consumo de fertilizantes junto ao IEA e a CATI para o período de 1972-78 em aproximadamente 6.000 propriedades agrícolas com área superior à 3ha. Os autores, já nesta época, chamam a atenção para a energia gerada pela biomassa, concluindo que a agricultura é uma importante fonte de energia renovável, utilizando-se de seus resíduos.

Tabela 7 - Gasto energético da produção de cana-de-açúcar em Louisiana

Input	Energia empregada (x 10³ kcal/ha)	% do Total
Trabalho	22	0,3
Maquinaria	1.576	18,6
Combustível	4.063	47,9
Nitrogênio	1.992	23,5
Fósforo	120	1,4
Potássio	125	1,4
Semente	205	2,4
Inseticida	54	0,6
Herbicida	288	3,4
TOTAL	8.481	100

Fonte: Adaptada da Tabela 1 de Hopkinson Jr e Day Jr (1980, p. 302).

Castanho Filho e Chabaribery (1983, p. 63) procuraram estabelecer os perfis de demanda e de produção energética na agricultura paulista para os anos de 1978/79, objetivando adequar medidas para tomada de decisões que explicassem de que maneira a energia é gasta na agricultura, qual a sua origem, quanto se gasta e se produz de energia para efetivar a produção. Constataram que quase 80% da energia requerida eram de origem fóssil sendo os combustíveis representando 38%, que coincidem com os resultados de Serra et al. (1979).

Carmo et al. (1988, p. 87) calcularam o balanço energético de vários sistemas de produção na agricultura alternativa no Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. Constataram, neste estudo, que grãos, raízes e cereais foram os produtos com maiores retornos por unidade calórica investida, e aquelas que tiveram as menores taxas de retorno, as hortaliças e produtos animais. Concluíram também que as fontes biológicas foram as mais importantes, seguidas pelas de origem fóssil. Neste sentido, a questão essencial para os autores é que o modelo de produção alternativo aponta para possíveis itinerários em direção ao desenvolvimento tecnológico, se o objetivo principal for o uso controlado e racional da energia fóssil, pois as atividades pesquisadas apontaram para grande absorção energética biológica e com menores impactos ambientais.

Comitre (1993, p. 132), em uma pesquisa em que fez avaliação energética e econômico da *filière* da soja na região de Ribeirão Preto, SP, chega, em uma de suas conclusões da importância da análise do balanço energético e econômico, a fornecer parâmetros necessários para medir, interpretar e balizar tomadas de decisão para a cadeia alimentar, evitando-se assim, pontos de estrangulamento e achar novas alternativas racionais.

Com o objetivo de quantificar, através de dois métodos de cálculo matemático, os gastos energéticos de produção da cana-de-açúcar e mostrar a viabilidade da substituição da colheita manual com cana queimada pelo corte mecânico em cana crua e, procurando um maior aproveitamento da biomassa produzida, Sartori e Basta (1999, p. 52) em seus estudos utilizaram-se de duas safras (93/94 e 94/95) na Usina Diamante, em Potunduva, SP. Constataram que a produção com colheita manual tem um consumo total de energia na ordem de 138.149.810,87 kcal contra um total de 151.764.193,53 kcal para a colheita mecânica. Também verificaram que no processo de colheita manual há 8,8% de material remanescente reaproveitável, calculado em 100.926,47 kcal/ha, enquanto que na colheita mecanizada este percentual é de 33,3%, representando 363.212,36 kcal/ha. Diante destes resultados concluíram ser perfeitamente viável a substituição da colheita manual pela mecânica, em termos energéticos.

Com base na utilização do modelo agrícola produtivista do milho em um assentamento rural do Estado de São Paulo, Bueno (2002) partiu da análise energética para determinar o perfil de utilização de energia, a energia cultural líquida e a eficiência cultural, porque esta cultura utiliza-se intensivamente de energia não renovável. O autor concluiu que a energia industrial representou 52,81%, a energia fóssil 35,30% enquanto a biológica foi de 11,79%. Os fertilizantes químicos representaram 45,72% e o óleo diesel em 34,67%. Chegou-se também a uma eficiência cultural de 9,01 e a energia cultural em 70.658,34 MJ x ha⁻¹.

A importância dos balanços energéticos na agricultura, como ferramenta fundamental que possa indicar a sustentabilidade do agroecossistema, foi estudado por Campos e Campos (2004, p. 197) por meio de trabalhos de pesquisa. Concluíram que há falta de pesquisas que contribuam com dados e coeficientes energéticos mais específicos às condições brasileiras, visando a composição da matriz energética brasileira. Também constataram, que a utilização dos resultados de uma avaliação energética é um importante instrumento para redefinir novas técnicas e manejos agropecuários, os quais podem resultar

em economia de energia, e até, redução de custo de produção, mesmo em sistemas de produção mais tecnificados, que utilizam intensivamente a energia em suas várias formas.

4.2.4 O palhico como gerador de energia

Sobre estas preocupações, Delgado (1985, p. 42-45) relata, detalhadamente, as razões da prática da queima nos canaviais, e apresenta de forma clara os aspectos agrônomo, industrial, operacional e energético desta conduta. Já nesta época o autor mostra uma certa preocupação com este tipo de método despachador, por conta do desperdício de energia. Segundo ele, com a queima, elimina-se a palha e outras impurezas orgânicas, perdendo 30% de matéria bruta em peso, ou seja, 15% de matéria seca. Este volume deve ser considerado, porque se constitui em boa fonte de matéria-prima biodegradável, podendo ser queimada em caldeiras para produzir vapor.

Ripoli (1991) pesquisou a utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar em termos dos balanços energético e econômico com duas variedades na região de Ribeirão Preto, SP. Concluiu que o material remanescente que é queimado como método de pré-colheita, isto é, ponteiros, folhas verdes, palhas e frações de colmos, representam, em média, em equivalente energético, cerca de 30,89 barris de petróleo por hectare. Os dados encontrados pelo autor serviram de base para estimação do material remanescente e palhico neste trabalho, pela similaridade das variedades segundo o gerente agrícola da unidade pesquisa.

Em artigo que destaca as queimadas de canaviais e seus reflexos energéticos, econômicos e ambientais para a sociedade e para o setor sucro-alcooleiro, no intuito de uma busca de soluções, foram desenvolvidos por Berni e Bajay (1998, p. 3), as implicações das queimadas dos canaviais no tocante a saúde humana com a diminuição de CO₂ e o grande desperdício das folhas, palhas e pontas da cana-de-açúcar na geração significativa de energia.

Tomando-se uma empresa como representativa da melhor tecnologia de produção de cana-de-açúcar do país, com sede no município de Sertãozinho, SP e as safras de 1983 a 1992, Mello (2000, p.74) estimou os custos da produção e corte em medidas

financeiras e energéticas, preocupado com a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em São Paulo. O autor mensurou os valores energéticos de insumos industriais, trabalho humano e ampliando os seus estudos para o cenário dos custos ambientais. Dentre suas conclusões, pode-se notar que os gastos energéticos da colheita mecânica queimada (1.557,23 Mcal/ha) foram os menores, comparando-se a outros sistemas, em razão do trabalho humano. Ao mesmo tempo, a queima da cana gera impacto ambiental de reconhecida nocividade ao ecossistema e aos homens, como cita o autor. Para a colheita manual queimada (p. 79) resultou em 1.738,53 Mcal/ha, colheita mecânica crua em 1.978,47 Mcal/ha e para a colheita manual crua com o maior valor energético em 2.109,32 Mcal/ha. Para a produção de cana houve um gasto energético na ordem de 2.986,19 Mcal/ha.

Em uma pesquisa com seis variedades de cana-de-açúcar mais plantadas no Estado de São Paulo em diferentes cortes, Sartori (2001, p. 24) obteve a amostragem em talhões de produção comercial na região de Botucatu, SP, para verificar a quantidade de energia contida na biomassa após a colheita. Verificou que a variedade RB83-5486 produz menos calor, ou seja, na ordem de 6.717 MJ/t e a variedade com maior produção de calor foi de 9.241 MJ/t na variedade RB85-5113, que por sinal produzem a quantidade de resíduos na mesma proporção.

Ripoli, M. (2002, p. 47) quantificou a massa de palhiço recolhido e o seu equivalente energético em barris de petróleo, nas áreas pertencentes à Usina Costa Pinto de Piracicaba, SP, após o corte mecanizado. Para tanto, utilizou o enfardamento em modos cilíndrico e prismático. Obteve, como resultados médios, uma quantidade de palhiço variando de 6,0 a 15,0Mg.ha⁻¹ (mega grama por hectare) e o seu equivalente energético médio estimado de 6,33 a 17,80 barris de petróleo por hectare.

Conforme Ripoli e Ripoli (2004, p. 63) citam o resultado de um relatório interno de 1984, realizado pela empresa Bagatex de Ribeirão Preto, SP, em que estimaram a quantidade e poder calorífico de resíduos industriais e agrícolas de algumas variedades plantadas no Brasil. Concluíram que na utilização das queimadas como método despalhador para o corte, o país desperdiça anualmente 87,72 x 10¹² kcal. Relatam ainda que esta energia comparativamente é suficiente para abastecer o mercado nacional durante 63 dias de petróleo e que em termos monetários representa US\$ 1,464 bilhão.

Atualmente, é grande a preocupação com os resíduos produzidos pela agricultura, como fonte viável de aproveitamento para fins energéticos. Germek (2005) fez um estudo com objetivo de utilização da modelagem matemática para avaliar o melhor sistema operacional com baixo custo, risco e tempo, na transferência do palhiço (ponteiros, folhas verdes e palhas) da cana-de-açúcar à usina para fins de cogeração. Também procurou determinar a potência gerada pelo palhiço e o seu incremento na produção de energia, juntamente com o bagaço, devido a sua importância na matriz energética. Isto resultou em que a melhor rota tecnológica é a colheita integral com limpeza a seco na indústria. Constatou também que o incremento de energia gerada pelo palhiço representa um adicional que varia de 5,59% a 55,95%, o que significa maior disponibilidade de energia para comercialização junto às concessionárias.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

As determinações de campo, itinerário de produção e custos, foram levantados em uma usina do interior de São Paulo, unidade considerada de médio porte e que utiliza técnicas avançadas no cultivo da cana-de-açúcar e na produção de açúcar e álcool. Por solicitação da direção da empresa optou-se pela não divulgação do seu nome. O trabalho baseou-se na análise de dois talhões que em 2006 estavam no seu 5º e último corte, o que veio a contemplar a intenção da pesquisa, assim como mensurar, em termos de custos de produção e gastos energéticos de um ciclo completo da produção de cana-de-açúcar. O próximo passo foi a renovação total da área plantada, a saber: limpeza do terreno com a destoca da cana soca, preparação do solo e novo plantio.

Através de pesquisa nos registros das safras passadas e com o acompanhamento do pessoal da área agrícola e da contabilidade, pode-se determinar todo o itinerário de produção.

Os dois talhões são próximos, e foi cultivada a variedade RB86-7515, em espaçamento de 1,40 metros e o solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro Distrófico – textura média. Na classificação das variedades de cana pela União dos Produtores

de Bioenergia, a RB86-7515 tem como ponto alto a sua produtividade. Há mais destaques tais como: de crescimento rápido com alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose, ótima brotação das socas e boa opção para plantio como cana de ano. Justamente os dois talhões foram colhidos entre 11 e 12 meses.

O talhão tem uma área de 45,54 ha com declividade de 2% e preparado para corte mecanizado e cana crua. A outra área tem 27,08 ha, declividade de 3,2% e utilizada para corte manual e cana queimada. Assim, a unidade produtora tem a seu favor a redução de custo, pois a aplicação de maturador via aérea, é feita para as duas áreas, ganhando também em produtividade e demais operações necessárias aos tratos culturais, bem como na preparação e plantio na época de renovação de área.

Para o primeiro corte nas duas áreas utilizou-se o processo de queima da palha e corte manual. É uma prática recomendada pelo Centro de Tecnologia Canavieira-CTC e adotada pela usina, pois constatou-se que o primeiro corte sendo mecanizado, traria sérios prejuízos à soqueira, reduzindo assim em um corte o seu ciclo produtivo.

Foram determinados os tempos, custos, insumos, mecanização e veículos utilizados, quer seja no transporte de insumos e pessoal, assim como os de apoio como os caminhões tanques, reparos e abastecimento. Estes resultados são de planilhas de registro da usina bem como de levantamentos feitos em campo, e que estão detalhadas a partir das Tabelas 27 a 44 (p. 85–102) que encontram-se no Apêndice deste trabalho. Também foi levantada a produção de cana-de-açúcar entregue na indústria, Tabelas 15 (p. 51) e 20 (p. 57) e estimada a quantidade média de material remanescente (Tabela 8), conforme estudo feito por Ripoli (1991, p. 62) para as variedades SP71-1406 e NA5679. Optou-se por estes valores, pois conforme a gerência agrícola são as variedades de características próximas.

Determinaram-se os custos de produção em Reais (R\$) por hectare e os dispêndios energéticos em Megajoule (MJ) por hectare nas fases de preparo do solo e plantio, e em cada ciclo os tratos culturais e colheita para as áreas com cana queimada e crua.

Foi adotada a unidade de medida energética em megajoule (MJ) por ser a unidade internacional relacionada aos valores energéticos estudados. Tanto para os custos (R\$) como para as medidas energéticas (MJ), tais valores foram apresentados com duas unidades decimais após a vírgula.

As análises econômicas fundamentaram-se nas propostas por Mialhe

(1974), Noronha (1987), Witney (1988) e Hoffmann et al. (1992). As determinações energéticas seguiram principalmente Serra et al. (1979), Pimentel (1980), Castanho Filho e Chabaribery (1983) e Comitê (1993).

Tabela 8 - Produção de colmos de cana, ponteiros, folhas verdes e palhas (t/ha)

	SP71-1406	%	NA5679	%	MÉDIA	%
COLMOS						
Indústria	72,93	80,60	70,17	77,55	71,55	81,12
Remanescente recolhido	2,29	2,53	1,91	2,11	2,10	2,38
Remanescente não recolhido	0,2	0,22	0,16	0,18	0,18	0,20
Total	75,42	83,36	72,24	79,84	73,83	83,71
PONTEIROS						
Remanescente recolhido	3,79	4,19	2,08	2,30	2,94	3,33
Remanescente não recolhido	0,49	0,54	0,51	0,56	0,50	0,57
Total	4,28	4,73	2,59	2,86	3,44	3,89
FOLHAS VERDES						
Remanescente recolhido	4,3	4,75	0,92	1,02	2,61	2,96
Remanescente não recolhido	0,64	0,71	0,53	0,59	0,59	0,66
Total	4,94	5,46	1,45	1,60	3,20	3,62
PALHAS						
Remanescente recolhido	5,15	5,69	9,16	10,12	7,16	8,11
Remanescente não recolhido	0,69	0,76	0,48	0,53	0,59	0,66
Total	5,84	6,45	9,64	10,65	7,74	8,78
TOTAL DE MASSA						
PRODUZIDA	90,48	100,00	85,92	94,96	88,20	100,00

Fonte: Adaptado da Tabela 1 de Ripoli (1991, p. 62).

5.2 Métodos

5.2.1 Análise energética

5.2.1.1 “Entradas e saídas” energéticas

Conforme Malassis (1973, p. 180) a “entrada” de energia corresponde a energia necessária para a produção, também chamada de energia injetada, que divide-se em dois tipos; energia direta e energia indireta. A “saída” energética também chamada de energia produzida vem da fonte primária.

A energia direta provém de duas fontes, biológica e fóssil. A energia biológica resulta das formas de energia do trabalho humano e animal, mais as contidas em sementes e mudas. A fonte de energia fóssil resulta das formas contidas no petróleo, ou seja, nos combustíveis, lubrificantes e graxas.

O tipo de energia indireta tem como fonte a industrial, que está nas formas de adubo, corretivo, agrotóxico, calcário, gesso e defensivo. Também fazem parte: a energia necessária para a construção e melhoramento dos imóveis, bem como na fabricação dos equipamentos utilizados na produção agrícola, que são estimados pela “depreciação energética”, segundo o tempo de utilização em função de sua vida útil.

Nas “saídas” energéticas ou “energia produzida” tem-se a do tipo primária resultado de duas fontes; energia de produção e resíduo agrícola. Na energia de produção é resultado neste estudo na forma da cana-de-açúcar pronta para industrialização, denominada de energia útil produzida. Na forma de resíduo agrícola, provém na forma do palhico e da vinhaça resultante da cultura. Neste estudo a vinhaça e todo o material remanescente do corte mecanizado, são considerados como energia reciclável, pois retornaram à cultura. A vinhaça como adubo biológico e o palhico como cobertura das soqueiras.

Todas as atividades agrícolas, principalmente a canavieira, sofreram mudanças em seu processo para aumentar a sua eficiência e produtividade. Para isto mudaram-se os dispêndios energéticos, de humana para animal, e hoje, cada vez mais, para a mecânica. Este desenvolvimento marcou a evolução de uma agricultura baseada em energia biológica

para a energia fóssil, sustentada pela utilização em grande escala de petróleo e seus subprodutos. A classificação e as formulações de energia, basearam-se principalmente, nos trabalhos de Serra et al. (1979), Pimentel (1980) e Comitre (1993). Serviram também de apoio os trabalhos de Malassis (1973), Castanho Filho e Chabaribery (1983).

5.2.1.1.1 Mão-de-obra

Pimentel et al. (1980) sugere um gasto energético para o trabalho humano de 485 kcal/h e que é seguido pela maioria dos trabalhos pesquisados, assim como Comitre (1993) e Castanho Filho e Chabaribery (1983), enquanto Serra et al. (1979) propõe que seja de 525 kcal/h. Utilizou-se, neste estudo, a proposta de Pimentel para motoristas e outros trabalhadores que têm atividade intensa e que trabalham ao ar livre com atividades musculares, segundo uma classificação da FAO (sem referência). Considerou-se que as atividades dos cortadores e operadores de colhedora têm uma atividade muito intensa, seguindo ainda a mesma classificação da FAO, que são indivíduos que trabalham ao ar livre e em ambientes muito quentes e com exercícios musculares. Portanto achou-se prudente utilizar-se de 525 kcal/h proposto por Serra.

5.2.1.1.2 Mudas

As mudas são frações de cana-de-açúcar de variedade selecionada, sendo adotado neste trabalho o valor de 1.060 kcal/kg conforme Brasil (2006, p. 150). A quantidade de mudas de cana plantada por hectare é de 11,50 toneladas.

5.2.1.1.3 Combustível, lubrificante e graxa

O consumo de óleo diesel, óleos lubrificantes e graxas foram levantados junto às planilhas de registro e da colhedora *in loco*. Além disso, foi utilizado 14%

como fator de insumo-produção para o óleo diesel. Portanto foram utilizados os valores do Brasil (2006, p.153) como sendo óleo diesel (9.671,76 kcal/l), lubrificantes (10.152,38 kcal/l) e graxa (10.151,24 kcal/kg).

Neste estudo foi desconsiderado a energia do combustível do avião, modelo Ipanema e ano 2000, pois necessita de 14 segundos por hectare para aplicação do maturador, conforme o proprietário da aeronave.

5.2.1.1.4 Máquinas, equipamentos e implementos

A determinação da depreciação energética com máquinas, equipamentos e implementos, foi o mesmo utilizado por Comitre (1993, p. 90) e Bueno (2002, p. 79). Para tanto buscou-se o peso de máquinas, implementos e veículos através de catálogos, dados disponibilizados nos respectivos *sites* e informações via e.mail e telefonia que constam, em detalhes nas Tabelas 26 a 26 D (p. 80 – 84) do Apêndice deste trabalho. Tais pesos são definidos como massa ou peso de embarque que conforme Borges (2001 apud BUENO, 2002, p. 40), isto é, sem contrapeso, sem pneus, sem operador e tanque de combustível com 20 litros de óleo diesel. Quanto aos pesos dos pneus, dois deles foram fornecidos pelo revendedor Pirelli na cidade de Bauru/SP, um pelo fabricante Maggion e os demais pelo revendedor Goodyear também da cidade de Bauru, segundo dados de catálogos dos fabricantes.

Portanto, para o cálculo da depreciação energética tem-se:

$$\text{Depreciação energética} = (a + b + c + d) / \text{vida útil}$$

Onde,

a = peso das máquinas, equipamentos e implementos x coeficiente energético correspondentes

b = 5% de “a” (percentual de reparos)

c = número de pneus x peso x coeficiente energético de referência

d = 12% de (a + b + c) (percentual de manutenção)

Os coeficientes energéticos correspondentes a cada tipo de máquina e implemento foram os apresentados por Comitre (1993), como sendo 2.061 Mcal/t para sulcador, grade aradora e distribuidor de calcário. Para o transbordo e cobridor em 1.995 Mcal/t. Para os demais veículos, tratores e implementos utilizados em 3.494 Mcal/t. Para os pneus o coeficiente utilizado foi de 20.500 Mcal/t (Tabelas 26 a 26D, p. 80 - 84). Estes valores energéticos também foram utilizados por Castanho Filho & Chabaribery (1983) e Bueno (2002, p. 36).

5.2.1.1.5 Corretivo de solo

Foram utilizados na correção de solo 3 toneladas de calcário e 1,5 toneladas de gesso, apenas na fase do preparo do solo para plantio (Tabela 27, p. 85). Para o calcário seguiu-se a recomendação de Serra et al. (1979, p. 36), Castanho Filho e Chabaribery (1982, p. 113), Comitre (1993, p. 91) e Bueno (2002, p. 40), em 40 kcal/kg. Não foi possível encontrar na literatura especializada o valor para o gesso, e por conta da proximidade de função, conforme um engenheiro agrônomo consultado, foi adotado o mesmo valor do calcário (40 kcal/kg).

5.2.1.1.6 Fertilizante químico

As formulações do adubo químico e suas respectivas quantidades, utilizadas em cada fase dos tratamentos culturais, encontram-se nas Tabelas 28 a 35 (p. 86–93) no Apêndice. Para o adubo seguiu-se a recomendação de Serra et al. (1979 p.36) como sendo, N (13.875 kcal/kg), P_2O_5 (1.665 kcal/kg) e K_2O (1.110 kcal/kg). Estes valores foram também utilizados por Castanho Filho e Chabaribery (1982, p. 113), Comitre (1993, p. 91) e Bueno (2002, p. 40).

5.2.1.1.7 Agrotóxicos: herbicidas e inseticidas

Pela dificuldade de encontrar o valor calórico para os diferentes

defensivos adotou-se para os defensivos sólidos (Regent, Velpa e Actara), 73.260 kcal/kg segundo Pimentel (1974 apud Serra et al. 1979 p. 36) e para os defensivos líquidos (Glifosato, Sinerge, Furadan e Diuron), o valor de 44,13 kcal/l conforme Pimentel (1980 apud Comitê 1993, p. 92).

5.2.1.1.8 Maturador

O objetivo da aplicação de maturador é antecipar a maturação natural e assim disponibilizar matéria-prima de boa qualidade para industrialização com aumento de mais açúcar nos colmos. É aplicado entre 40 a 60 dias antes da data prevista para colheita.

Não foi encontrado em nenhuma literatura, valor energético correspondente ao maturador Ethrel, e por isso não foi considerado neste trabalho, assim como não se considerou a quantidade utilizada de 0,67 l/ha. Pelas mesmas dificuldades, Pinto (2002, p. 124), também, deixou de considerar o produto no cálculo do balanço energético.

5.2.1.2 “Saída energética” ou energia produzida pela agricultura (EPA)

O início deste fluxo se dá com a utilização da energia solar, passando, em seguida, por uma série de transformações bioquímicas até a utilização final pelo consumidor. Portanto, inicia-se por um vegetal, no caso a cana-de-açúcar, que capta energia solar e que, pela fotossíntese converte em energia utilizável pela transformação de matéria mineral em orgânica, como descrevem Malassis (1973, p. 175) e Castanho Filho e Chabaribery (1983, p. 71), que a denominam de energia primária.

5.2.1.2.1 Cana-de-açúcar

A energia agrícola produzida neste estudo é a cana-de-açúcar entregue na indústria, ou seja, a cana sem folhas, ponteiros, palhas e rebolos danificados, que foram

retirados no processo de corte manual e no mecanizado. Adotou-se o valor energético de 1.060 kcal/kg conforme Brasil (2006, p. 150), também considerado no estudo de Sartori (2001, p. 25), levando-se em conta os seus componentes (sacarose, fibras, água e outros).

Em relação à cana-de-açúcar, Brasil (2006, p. 150-153), decompõe a cana-de-açúcar em bagaço contendo 2.130 kcal/kg e o caldo da cana com 623 kcal/kg. No caso do melaço, matéria-prima para produção de açúcar e álcool, o poder calórico inferior (PCI) para efeito de cálculo, é determinado em 1.850 kcal/kg, como determina Brasil (2006, p. 153, Tabela E.9). Na estrutura de dispêndios energéticos apenas a cana-de-açúcar foi considerada como energia útil produzida para assim obter-se a eficiência cultural. Constam nas fases de tratos culturais a vinhaça produzida e no corte o palhiço resultante da colheita mecanizada, mas que não foram computados na estrutura geral, os quais foram reinjetados na cultura, considerados como energia reciclada.

5.2.1.2.2 Vinhaça

Foi considerada como energia contida nos resíduos agrícolas e utilizada na produção, a vinhaça, que é um fertilizante rico em potássio (P_2O_5) e que tem menor quantidade nitrogênio (N) e fósforo (K), com valor energético na ordem de 3.500 kcal/l conforme Castanho Filho e Chabaribery (1983, p. 109).

A vinhaça ou vinhoto é o resultado de uma primeira limpeza da cana-de-açúcar na moagem e que tem sido muito utilizado nas lavouras canavieiras, como um ótimo fertilizante que além das propriedades acima descritas, contém grande quantidade de material orgânico e água, sendo um sub-produto de baixo custo para as usinas.

Por ser um produto produzido pela cultura, considerado material reciclável e que é retornado como adubo de origem biológica nos tratos culturais, do segundo ao quinto ano de produção, é mensurada em termos energéticos e não contabilizado na análise energética. Optou-se por essa forma, pois ao mesmo tempo em que é produzido é retornado na plantação na fase dos tratos culturais, que na verdade zera na análise o seu valor.

5.2.1.2.3 Material remanescente

Material remanescente é constituído por ponteiros, palhas, folhas verdes e frações de colmos não recolhidos ou danificados no processo de corte mecanizado. No corte manual, observou-se uma perda muito pequena em frações de colmos danificados, pois a usina leva em consideração o pagamento pela cana cortada em função destes “desperdícios” pelo cortador, uma vez que a palha e os ponteiros foram queimados.

Para a determinação da quantidade do material remanescente, utilizou-se o estudo de Ripoli (1991, p. 62 apud Ripoli, M 2002 p. 20). Os valores energéticos do material remanescente seguem a recomendação feita por Ripoli e Ripoli (2004, p. 151) como sendo; 4.350,90 kcal/kg para os ponteiros, 4.412,10 kcal/kg para folhas verdes e 4.419,80 kcal/kg para as palhas. O valor em energia produzida pelo material remanescente é apresentado na Tabela 22 (p. 59) da fase de corte, mas não contabilizado no estrutura de dispêndios energéticos da cultura, pois assim como a vinhaça este material foi reinjetado no solo para proteção das soqueiras.

Feitas as descrições do método da análise energética utilizada por fases do cultivo da cana-de-açúcar até a sua colheita, segue também pormenorizado por fases e no geral o método utilizado na determinação dos custos.

5.2.2 Determinação dos custos

Os custos compreendem todas as operações necessárias para cada tipo de colheita. Na área com queima prévia da cana e colheita manual, as fases estudadas foram o preparo de solo, plantio, tratos culturais, colheita e carregamento. Para a área com cana sem queima prévia e colheita mecanizada seguiu-se o mesmo itinerário, com a diferença no carregamento que é a utilização do transbordo e do reboque para fora da área colhida. Desta forma evita-se a compactação de solo e danos às soqueiras.

Os elementos do custo operacional de tratores, implementos, equipamentos, colhedoras, caminhões e outros veículos utilizados na produção, são bem conhecidos e incluíram depreciação, juros sobre o capital, impostos, reparo e manutenção, combustível, lubrificantes e mão-de-obra (operador), segundo Balastreire (1987) e Witney

(1988).

Constam ainda os custos administrativos diversos que compreenderam aqueles de administração agrícola, isto é, gerência, supervisores, outras mãos-de-obra envolvidas, frota de veículos leves, consultores, *royalties* de cana, etc. Estes custos representaram 40% do total gasto pela usina, que foram rateados para a fase agrícola, sendo o restante para a fase industrial, conforme política adotada pela unidade processadora.

5.2.2.1 Custo da depreciação

É a perda de valor que o bem sofre no mercado, devido ao aparecimento de modelos com tecnologia mais avançada, também chamada de depreciação econômica, considerado custo fixo, ou por desgaste provocado pelo uso, sendo este debitado como custo variável.

Vários métodos são utilizados para calcular a depreciação de máquinas como linear simples, saldo decrescente, soma dos números naturais e depreciação dedutível. Neste trabalho foi utilizado o método linear simples descrito em Noronha (1987), por ser um método apropriado aos objetivos do presente estudo e por considerar que as máquinas sofrem alterações de valor constantes, refletindo a média das diferentes idades da frota de máquinas da região e que também foram utilizados por Vieira (2003).

Conforme Hoffmann et al (1992, p. 10), a depreciação utilizada foi a total que compreende a depreciação tecnológica e a depreciação de utilização. Foram utilizados neste estudo a duração em anos, as determinadas pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) em sua publicação Série de Informação Estatística Agrícola (2006, p. 1-116). Os resultados finais foram transformados em custo por hectare conforme os tempos de utilização para cada operação, de acordo com as Tabelas 27 a 35 (p. 85–93) e 41 a 44 (p. 99–102) no Apêndice.

Como os tempos de utilização dos equipamentos nas cinco safras foram próximos daqueles publicados pelo Instituto de Economia Agrícola, resolveu-se adotá-lo como padrão. O que difere é tempo de utilização da colhedora e reboque do transbordo, pois têm uma intensa utilização de praticamente vinte horas efetiva dia no período de colheita, o que não é considerado na série do IEA. Adotou-se este procedimento porque as horas efetivas

anuais das colhedoras de cana-de-açúcar não são publicados pelo boletim e sim apenas para colhedoras de cereais.

$$Dt = (B - F) / N \quad (1)$$

onde,

Dt – valor da depreciação anual;

B – valor de aquisição;

F – valor de sucata; e

N – vida útil da máquina em anos.

Mialhe (1974) considera que o valor residual de máquinas pode variar de 2 a 10% do valor de aquisição e Balastreire (1990) recomenda que, no método linear simples, o valor de sucata deva ser arbitrado em 10% do preço inicial da máquina. Por tal razão utilizou-se o valor de 10% proposto por este autor.

5.2.2.2 Custo da depreciação por hectare

$$CDha = (Dt / hut .ano) \times hut.ha \quad (2)$$

onde,

CDha – custo da depreciação por hectare;

Dt – depreciação por ano do equipamento;

hut.ano – horas utilizadas no ano pelo equipamento; e,

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

Apenas para a colhedora, o trator reboque e o transbordo, foi substituído na equação 2, hut.ano por 108.000 t/ano, multiplicado pela produtividade do talhão em cada safra (Tabela 20). Esta produtividade anual de corte é a média anual feita pela usina e também encontrada por Vieira (2003).

5.2.2.3 Custo da remuneração do capital (juros)

A todo capital empregado na produção, quer de propriedade da empresa, quer obtido por via de crédito, atribuiu-se um juro, calculado a uma taxa de juro real, conforme as equações 3 e 4.

A remuneração do capital investido em equipamentos foi calculada conforme Hoffmann et al. (1992), considerando-se o capital médio investido, cujos valores constam pormenorizados por máquinas/equipamento no Apêndice, Tabelas 26 a 26D.

$$J = [(P + S) / 2] \times Ir \quad (3)$$

onde,

J – valor da remuneração do capital em 1 ano (R\$);

P – preço inicial do equipamento atualizado (B);

S – valor para revenda ou como sucata (F); e,

Ir – taxa de juros (no caso, taxa de juros real).

$$Ir = \{[(Ip - Ig) / (1 + Ig)] - Im\} \quad (4)$$

onde,

Ir – taxa de juros real anual;

Ip – taxa de juros nominal anual;

Ig – taxa da inflação anual; e,

Im – imposto de renda.

Para a determinação da taxa de juros nominal, utilizou-se a que remunera o CDB (Certificado de Depósito Bancário) tido como referencial para aplicações acima de 90 dias, conforme recomendação da Associação Nacional dos Bancos de

Investimentos (ANBID, 2007) e aqui foi utilizado a taxa nominal de 9,12% ao ano referente ao ano de 2006.

A comunidade financeira utiliza-se para projeções o IGP-M/FGV como o melhor indicador de inflação e, segundo os Indicadores de Uso Corrente do Conselho Regional de Economia/SP a taxa é de 3,85% a.a ocorrida no ano de 2006.

A legislação tributária exige das instituições financeiras o recolhimento do imposto de renda sobre o rendimento da aplicação selecionada. Por esta razão, faz-se necessário o seu desconto no cálculo da taxa de juros real. Atualmente a Lei No 11.033, de 21 de Dezembro de 2004 no Artigo 1º inciso IV, citada por ANBID (2007), determina o recolhimento de 15% em aplicações com prazo acima de 720 (setecentos e vinte) dias. Como as unidades sucro-alcooleiras adquirem máquinas para uso acima deste tempo, considerou-se esta taxa de recolhimento.

Portanto para se obter a taxa de juro real é necessário descontar da taxa de juros nominal a taxa de inflação e do imposto de renda.

5.2.2.4 Juros sobre o capital por hectare

$$\text{JSCap/ha} = (\text{J} / \text{hut.ano}) \times \text{hut.ha} \quad (5)$$

onde,

JSCap/ha – juros sobre o capital por hectare;

J – juros de remuneração do capital por ano;

hut.ano – horas utilizadas no ano, e;

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

Foram calculados por horas anuais, a utilização de tratores e outros implementos, em atividades que não requeriam trabalho intensivo, segundo a Tabela 23 da Série Informações Estatística Agrícola (2006, p.57) adotada como padrão, pois os resultados anuais da usina aproximam-se dos publicados pelo IEA. No caso da colhedora, trator BH-180 e transbordo, por terem atividade muito intensa no período de safra, achou-se conveniente depreciá-los por toneladas/ano, que no caso foi de 108.000 toneladas. Esta decisão deveu-se ao

fato de que o IEA não inclui colhedora de cana em sua tabela, apenas colhedoras para cereais e que são de 480 horas de uso anual. Todos os resultados foram transformados em R\$ por hectare, segundo o tempo de utilização especificados nas Tabelas 27 a 44 (p. 85–102).

5.2.2.5 Custo de impostos

No Brasil, não há legislação sobre licenciamento de tratores e demais máquinas agrícolas auto-propelidas, que por essa razão, estão isentas do IPVA. Os impostos que recaem sobre o maquinário agrícola são relativos à sua industrialização e comercialização e, normalmente, estão incluídos em seu valor de aquisição. (LEONARDO JÚNIOR, 2000).

5.2.2.6 Custo de seguro

O prêmio de seguro é um valor pago a uma corretora, para cobrir os riscos de incêndio, acidentes e roubo com as máquinas, a que estão sujeitas no trabalho ou mesmo guardadas no abrigo.

Por considerarem um risco muito baixo, não é usual as usinas contratarem seguros para máquinas/equipamento/implementos. Neste estudo foi utilizado a taxa anual de 1,72% praticado pela Mapfre Vera Cruz Seguradora S/A para as máquinas e implementos. A mesma taxa foi utilizada para os caminhões tanques por trabalharem em atividades de apoio quanto aos perigos das queimadas, para transporte e aplicação de fertilizantes químicos diluídos e vinhaça.

O valor residual foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Noronha (1987).

$$VR_t = B - [(B - F) / N] \times t \quad (6)$$

onde,

VRt – valor residual no ano t;

B – valor de aquisição;

F – valor de sucata;

N – vida útil da máquina em anos; e,

t – ano t.

5.2.2.7 Custo do seguro por hectare

$$\text{CSeg/ha} = [(\text{VRt} \times 0,0172) / \text{hut.ano}] \times \text{hut.ha} \quad (7)$$

onde,

CSeg/ha – custo do seguro por hectare;

VRt – valor residual ou de revenda;

hut.ano – horas de utilização por ano; e,

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

5.2.2.8 Custo de alojamento

O abrigo ou alojamento, para os tratores e da maquinaria em geral, representa uma importante providência, pois é possível executar reparos em qualquer condição climática e também de proteger contra as intempéries causadas pelo tempo, o que certamente permitirá sua maior durabilidade. Raramente, é construído alojamento específico para máquinas. Em geral, são utilizados galpões, cuja prática dificulta o cálculo do valor do abrigo. Mialhe (1974, p. 265), considera que as despesas com alojamento sejam consideradas uma porcentagem do valor inicial da maquinaria, que deve variar de 0,5 a 2,0% ao ano.

O custo de alojamento, neste trabalho, foi estipulado em 2% do valor de aquisição das máquinas, equipamentos, implementos e veículos (Apêndice, Tabelas 26 a 26D p. 80-84), conforme preconizado por Mialhe (1974, p. 265).

5.2.2.9 Custo de alojamento por hectare

$$CAloj/ha = [(B \times 0,02) / hut.ano] \times hut.ha \quad (8)$$

onde,

CAloj/ha – custo de alojamento por hectare;

B – valor de aquisição;

hut.ano – horas de utilização no ano; e,

hut.ha – horas de utilização por hectare.

5.2.2.10 Custo de combustível e lubrificantes por hectare

Foi determinado para cada tipo de máquina, implemento e veículo o consumo de combustível, lubrificantes e graxas por hora (Apêndice, Tabelas 26 a 26D, p. 80-84), conforme planilhas da usina, e transformados em valores por hectare. Em alguns casos na falta destas informações, recorreu-se aos respectivos manuais ou informações técnicas dos fabricantes ou em seus representantes (concessionárias) nas cidades paulistas de Bauru, Jaú e Ribeirão Preto.

Para o óleo diesel usou-se o valor praticado em dezembro de 2006 de R\$ 1,82/l, para lubrificantes em R\$ 4,45/l, graxa em R\$ 8,90, filtro de ar R\$ 30,00 e, para o filtro de óleo, o preço varia conforme o equipamento a ser utilizado que é de R\$ 15,00 a R\$ 20,00. Todos estes itens foram cotados em posto Petrobrás.

$$CComLu/ha = (TGMês / hut.mês) \times hut.ha \quad (9)$$

onde,

CComLu/ha – custo com combustível e lubrificantes por hectare;

TGMês – total dos dispêndios com combustível e lubrificantes no mês;

hut.mês – horas utilizadas no mês; e,

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

5.2.2.11 Custo do comboio de manutenção, abastecimento e carro-pipa por hectare

$$\text{CCAB/ha} = (\text{TGCAB/Mês} / \text{hut.mês}) \times \text{hut.ha} \quad (10)$$

onde,

CCAB/ha – custo do comboio, abastecimento e bombeiro por hectare;

TGCAB/Mês – total dos gastos com comboio, abastecimento e bombeiro no mês;

hut.mês – horas utilizadas no mês; e,

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

5.2.2.12 Custo de reparos e manutenção

Foram levantado os valores junto ao departamento de custos, o total de reparos e manutenção com máquinas, equipamentos, implementos e veículos no mês, e divididos por horas trabalhadas no mês e multiplicados por horas utilizadas por hectare.

5.2.2.13 Custo de reparo e manutenção por hectare

$$\text{CRM/hut} = (\text{GRM/Mês} / \text{hut.mês}) \times \text{hut.ha} \quad (11)$$

onde,

CRM/ha - custo de reparo e manutenção da frota por hectare;

TGRM – total dos gastos de reparos e manutenção por mês;

hut.mês – horas utilizadas no mês; e,

hut.ha – horas utilizadas por hectare.

5.2.2.14 Custo da mão-de-obra por homem dia

Foram coletados junto ao departamento de contabilidade da usina os valores pagos por dia para cada função sendo incluídos o salário, encargos, seguro e EPI's (equipamento de proteção individual). Para cada função em cada fase da cultura, foram levantados os tempos de execução das tarefas em campo e nos apontamentos feitos pelos encarregados das frentes de trabalho. Constam das tarefas desde o tempo de corte das mudas, a esparramação das mudas, capina controle de formigas e pragas, queima da palha, aceiro, cortador, catação de bituca e outras atividades, que estão detalhadas por fases nas Tabelas 27 a 44 (p. 85-102).

$$\text{CMO/h.d} = (\text{SAL} + \text{ENCAR} + \text{BE}) \times \text{hut.ha} \quad (12)$$

onde,

CMO/h.d - custo da mão-de-obra por homem dia;

SAL – total dos salários básicos pago dia;

ENCAR – total dos encargos sociais dia;

BENE – total dos benefícios dia; e,

hut.ha – horas utilizadas por ha.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados e discutidos em três etapas:

A primeira etapa (6.1) refere-se ao sistema de produção de cana-de-açúcar para o corte manual com queima prévia da palha. Demonstraram-se as tabelas com os gastos energéticos por tipo, fonte e forma em cada fase da cultura, bem como os seus respectivos custos de produção.

A segunda etapa (6.2) refere-se ao sistema de produção da cana-de-açúcar para o sistema de corte mecanizado com cana crua. Também foram apresentadas tabelas contendo os gastos energéticos, tipo, fonte e forma em cada fase, assim como os seus devidos custos de produção.

As fases de produção estão separadas em subitens em preparo do solo, plantio, no total dos cinco anos de tratos culturais e colheitas.

A terceira e última etapa (6.3), está apresentado a estrutura de dispêndios energéticos para os dois sistemas com as suas estruturas de gasto, balanço e eficiência energética. Também nesta etapa estão apresentados os custos totais de produção para os dois sistemas estudados.

Os resultados energéticos são apresentados em Megajoules (MJ) e os custos em unidade monetária em reais (R\$).

6.1 Cana com queima prévia e colheita manual – Avaliação energética e custo de produção

6.1.1 Preparo do solo

O ciclo de produção da cana-de-açúcar, que é considerada uma cultura semiperene, isto é, leva-se de 4 a 6 anos entre um plantio e outro, isto na região Centro Sul, para então fazer-se a reforma do canavial. O preparo do solo para plantio tem as seguintes operações principais; erradicação das soqueiras após o último corte, remoção de pedras e tocos, correção do traçado do talhão, abertura de carreador e outras operações. Para isto são necessários a utilização de motoniveladora, grade aradora e grade niveladora (Tabela 27, p. 85 do Apêndice). Também há necessidade do uso de tratores para aplicação de calcário e gesso para correção do solo e para aplicação de defensivos. Pode-se então constatar, pela Tabela 9, a utilização significativa da energia direta em 74,41%, em que há uma dependência considerável de energia fóssil de 74,29%, predominantemente na utilização do óleo diesel em 72,95%.

Tabela 9 – Gastos energéticos com preparo de solo (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	2.474,36	74,41
Biológica	4,06	0,12
– Mão-de-Obra	4,06	0,12
Fóssil	2.470,30	74,29
– Óleo Diesel	2.425,98	72,95
– Lubrificante	37,41	1,12
– Graxa	6,91	0,22
ENERGIA INDIRETA	851,04	25,59
Industrial	851,03	25,59
– Máquinas e Implementos	96,48	2,90
– Calcário	502,42	15,11
– Gesso	251,21	7,55
– Defensivos	0,93	0,03
T O T A L	3.325,40	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola, 2001

O gasto energético com a utilização da mão-de-obra tem pouca representatividade (0,12%).

A segunda dependência energética é do tipo indireta em que foram necessários 25,59%, do total requerido de energia nesta fase, em que tem na fonte industrial o uso do calcário e gesso, um total de 753,63 MJ/ha representando 22,66%.

Paralelamente tem-se na Tabela 10 o custo de produção desta fase, em que as operações de mecanização (Tabela 27, p. 85) representam 67,31% do custo total e seguido dos insumos em 29,20%. A mão-de-obra tem uma representatividade quase que insignificante nesta fase, e que também corresponde a baixa participação nos gastos energéticos, ou seja, participação de apenas 0,12% (Tabela 9).

Tabela 10 – Custos com o preparo de solo (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	603,89	67,31
Insumos	262,00	29,20
Transportes	22,50	2,51
Mão-de-Obra	8,77	0,98
T O T A L	897,16	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola, 2001

Vale ressaltar que a fase de preparo de solo acontece para as duas áreas estudadas na mesma data, pois são limítrofes em que são cultivadas cana da mesma variedade, com o mesmo espaçamento de plantio e do mesmo tipo de solo. Nesta logística de plantio, sendo a cana de ano, há o deslocamento da frente de trabalho de uma só vez, o que facilita o gerenciamento agrícola e reduz custos de deslocamento.

6.1.2 Plantio

Da mesma forma que a frente (equipe) de trabalho atua no preparo do solo, também acontece na fase do plantio das mudas. Observa-se na Tabela 11 uma desproporção acentuada na utilização de energia direta (92,74%), sobre a energia indireta (7,26%), sendo a fonte biológica, a maior responsável (88,65%). No percentual elevado de “entradas” de energia biológica o destaque encontra-se nas mudas que representaram 51.037,09 MJ/ha que corresponde a 88,26% da energia total consumida nesta operação. Sartori e Basta (1999, p. 52) encontraram em seus estudos que as mudas de cana representaram 61,85% do total de energia requerida para o primeiro e segundo ano de produção.

O plantio utilizado pela usina é o manual, e apesar do gasto energético de 225,48 MJ/ha, pouco representou na fonte biológica, ou seja, apenas 0,39%.

Tabela 11 – Gastos energéticos com o plantio (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	53.629,34	92,74
Biológica	51.262,57	88,65
– Mão-de-Obra	225,48	0,39
– Mudas	51.037,09	88,26
Fóssil	2.366,77	4,09
– Óleo Diesel	2.342,80	4,05
– Lubrificante	17,51	0,03
– Graxa	6,46	0,01
ENERGIA INDIRETA	4.199,02	7,26
Industrial	4.199,02	7,26
– Máquinas e Implementos	199,01	0,34
– Adubo	3.921,20	6,78
– Defensivos	78,81	0,14
T O T A L	57.828,36	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola, 2001

No plantio estão incluídas as operações de tratos culturais com a cana planta, aplicação de adubo, herbicida e inseticida para o primeiro corte (Tabela 28, p. 86), por

ser o mesmo itinerário para os dois sistemas de colheita. Para o primeiro corte é utilizado o sistema de corte manual com queima prévia da palha. Também consta a aplicação do maturador Ethrel que é aplicado num prazo de 55 a 60 dias antes da data prevista para o corte. Por tais razões há um consumo de energia indireta do tipo industrial na forma de adubo de 3.921,10 MJ/ha (6,78%), sendo este o que tem maior participação.

Na operação toda, o gasto com energia fóssil oriunda do óleo diesel, teve pouca representatividade, utilizando 2.342,80 MJ/ha e que resulta em 4,05%

Quanto ao custo de produção (Tabela 12), os insumos como as mudas, adubo e defensivos tiveram o maior peso no total desta fase (61,16%), e a mão-de-obra tem a segunda maior participação (16,06%), ao contrário do que representa em termos de gastos energéticos na atividade de plantio. Pode-se considerar que na relação custo e dispêndio energético, a mão-de-obra é uma energia cara para esta atividade.

Tabela 12 – Custo com o plantio de cana-de-açúcar para os dois sistemas (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	455,46	15,03
Insumos	1.854,25	61,16
Transportes	235,00	7,75
Mão-de-Obra	487,06	16,06
T O T A L	3.031,770	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola, 2001

Nos custos com a mecanização, representando 15,03%, estão incluídos o carregamento de mudas, sulcação, adubação, cobertura de sulco e aplicação de defensivos. Também consta (Tabela 27, p. 85) a depreciação dos equipamentos, remuneração do capital, seguro, alojamento e os gastos com combustíveis, lubrificante, reparos e manutenção.

Deve-se ressaltar que os gastos energéticos e custo de produção com o plantio da cana-de-açúcar são os mesmos para os dois sistemas de corte, manual com queima prévia da palha e mecanizado sem a queima prévia do canavial.

6.1.3 Tratos culturais

Neste item estão contabilizados os gastos energéticos com os tratamentos culturais para o segundo, terceiro, quarto e quinto cortes. Para o primeiro corte, os gastos energéticos foram debitados com o plantio no item anterior (6.1.2).

Analisando-se os resultados na Tabela 13, as operações com os tratamentos culturais, a energia indireta (77,44%) supera consideravelmente a energia direta (22,56%), na qual destaca-se a utilização intensa de adubo em 69,83% das “entradas” requeridas, seguido de 7,11% com os defensivos.

Durante o processo industrial da cana, foi produzido a vinhaça ou também denominada de energia reciclável, pois a mesma foi injetada na cultura como adubo biológico em 14.096,96 MJ/ha que consta na Tabela 13 mas não da estrutura energética final.

Tabela 13 – Gastos energéticos com tratamentos culturais na cana com queima (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	8.512,22	22,56
Biológica	384,03	1,02
– Mão-de-Obra	384,03	1,02
Fóssil	8.128,19	21,54
– Óleo Diesel	8.057,08	21,36
– Lubrificante	60,57	0,16
– Graxa	10,54	0,03
ENERGIA INDIRETA	29.216,62	77,44
Industrial	29.612,62	77,44
– Máquinas e Implementos	186,08	0,49
– Adubo	26.346,70	69,83
– Defensivos	2.683,84	7,11
T O T A L	37.728,84	100,00
TIPO, Fonte e Forma	“Energia Produzida”	%
ENERGIA PRIMÁRIA	14.096,96	100,00
Resíduo Agrícola	14.096,96	100,00
– Vinhaça	14.096,96	100,00
T O T A L	14.096,96	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola

A energia fóssil tem representatividade de 21,54%, particularmente pela utilização do óleo diesel que representou 21,36%, isto para as operações de pulverização do adubo e defensivos necessários nas fases dos tratos culturais (Tabelas 28 a 32, p. 86-90), bem como para os transportes de água, trabalhadores e da vinhaça.

A mão-de-obra, que é nestas operações a única forma de utilização de energia biológica, tem uma pequena participação de 1,02%.

Tem-se, nesta fase, a energia produzida pela cultura do tipo primária, originada do resíduo agrícola, através da vinhaça da cana que retorna ao solo como fertilizante, representando assim 14.096,96 MJ/ha, reinjetado no processo produtivo.

A vinhaça é considerada um subproduto de baixo custo, apesar da usina não ter mensurado com exatidão este valor, mas que, até há pouco tempo, era tratada como efluente, sem utilização na cultura da cana-de-açúcar. Por falta de informação sobre o seu custo, e aplicação média de 240 m³ do produto por hectare, não foi contabilizado o custo de produção no item insumos (Tabela 14).

Sobre os custos das fases dos tratos culturais apresentados na Tabela 14, os insumos têm participação relevante nos custos, que representam 44,35% dos custos totais, explicado pela aplicação anual de adubo, herbicida, inseticida e do maturador, e que também responde pela maior participação no dispêndio de energia, verificado na Tabela 13.

A mecanização representa 27,20% do custo total, devido à utilização dos tratores, motoniveladora, avião agrícola e outros implementos, e também por sua depreciação, remuneração do capital, gastos com combustíveis e lubrificantes e com os reparos e manutenção (Tabelas 29 a 32, p. 87-90).

Tabela 14 – Custos totais com os tratos culturais para o sistema de cana queimada (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	1.195,28	27,20
Insumos	1.948,60	44,35
Transportes	424,00	9,65
Mão-de-Obra	826,00	18,80
T O T A L	4.393,88	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola

A representatividade do custo com a mecanização é explicada pela aplicação dos insumos, adubo, herbicidas, inseticida e vinhaça entre outros, e que requerem a utilização de máquinas, implementos e veículos.

A mão-de-obra tem peso significativo no levantamento do custo, em que participa em 18,80%, e de gastos energéticos representa muito pouco, isto é, apenas 1,02% das “entradas” totais de energia, conforme apresentado na Tabela 13 (p. 49). Conclui-se então, ser a energia biológica representada pela mão-de-obra, muito cara e que merece uma atenção maior quanto a sua mensuração com as demais formas de energia.

6.1.4 Colheita manual

São apresentados, na Tabela 15, os rendimentos anuais da cana-de-açúcar colhida e as datas de corte, entregues na usina.

Segundo a gerência agrícola, os rendimentos apresentados pela área foram satisfatórios, resultando em uma média de 92,52 t/ha, e, ainda estão dentro da média apresentada pela variedade cultivada em outras safras, por outras usinas, isto é, cana de ano.

Tabela 15 – Rendimentos da cana queimada, colhidas nos cinco cortes anuais e os anos das colheitas

ESTÁGIO	MANUAL QUEIMADA (t/ha)	COLHEITA (ano)
1º Corte	126,22	2002
2º Corte	102,46	2003
3º Corte	89,26	2004
4º Corte	78,33	2005
5º Corte	66,32	2006
TOTAL	462,59	
Média	92,52	

Fonte: Gerência Agrícola e Departamento de Custos

Na Tabela 16, a energia direta consumida supera fortemente a energia indireta, ou seja, 96,73% contra 3,27%. Este fato pode ser explicado pela intensa utilização de trabalhadores no corte (energia biológica) em 38,21% e pelo consumo de óleo diesel (energia fóssil) de 53,85%, principalmente com a máquina carregadora da cana amontoada em leiras, para a carreta de transporte até a usina.

Também a utilização acentuada do óleo diesel pode ser explicado no consumo feito pelo ônibus para o transporte dos rurícolas, em que do ponto de saída até a área colhida, está distante 8 quilômetros.

Todos os rendimentos de cana-de-açúcar nos cinco cortes, ou seja, 462,59 t/ha (Tabela 15), produziram uma energia primária (*output*) de 2.132.862,26 MJ/ha, resultado que será avaliado no cálculo da eficiência cultural apresentada na Tabela 23.

Tabela 16 – Gastos energéticos com a colheita da cana com queima (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	3.082,64	96,73
Biológica	1.217,63	38,21
– Mão-de-Obra	1.217,63	38,21
Fóssil	1.865,00	58,52
– Óleo Diesel	1.716,02	53,85
– Lubrificante	145,37	4,56
– Graxa	3,61	0,11
ENERGIA INDIRETA	104,05	3,27
Industrial	104,05	3,27
– Máquinas e Implementos	104,05	3,27
T O T A L	3.186,69	100,00
TIPO, Fonte e Forma	“Energia Produzida”	%
ENERGIA PRIMÁRIA	2.132.862,26	100,00
Energia da Produção	2.132.862,26	100,00
– Cana-de-açúcar	2.132.862,26	100,00
T O T A L	2.132.862,26	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola

Ao contrário dos gastos energéticos mais representativos, o custo de produção apresentado na Tabela 17 e que estão detalhados nas Tabelas 36 a 40, apresenta 68,30% do custo total das colheitas com a mão-de-obra, sobretudo dos cortadores, pois estão incluídos aceiro, bituqueiro, apontador e outros de apoio.

Em valores econômicos, a mecanização tem pouca participação, pois o trabalho de carregamento da cana, cortada por máquina carregadora, é terceirizado. Por esta razão não há custos com combustível, reparos, depreciação do equipamento e outros, por parte da usina, ficando por conta do prestador do serviço que recebe R\$ 1,36/t.

Tabela 17 – Custos totais com as colheitas para o sistema de cana queimada e corte manual (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	629,12	13,98
Insumos	-	-
Transportes	80,00	1,78
Mão-de-Obra	3.073,30	68,30
Outros Custos	717,01	15,94
T O T A L	4.499,43	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola

Outros custos representam os gastos com caminhão tanque ou bombeiro, pequenos reparos e serviços mecanizados diversos e os custos administrativos rateados.

6.2 Cana sem queima prévia e colheita mecanizada – Avaliação energética e custo de produção.

As avaliações dos gastos energéticos e custos de produção, para as operações de preparo de solo e plantio, já foram apresentados e discutidos nos itens 6.1.1 (p. 44) e 6.1.2 (p. 47). Como mencionado, o talhão de cana para o corte mecanizado é ao lado

talhão para corte manual. As duas áreas têm o mesmo ciclo de produção, ou seja, cana de ano e cinco cortes. Sendo assim, as operações acontecem no mesmo momento.

6.2.1 Preparo do solo

O preparo de solo ocorre na mesma época para o sistema de cana preparada para o corte manual com queima prévia da palhada, por serem áreas próximas. Este itinerário é o mesmo apresentado e discutido no item 6.1.1 (p. 44) deste trabalho, quanto a análise energética e custo de produção desta fase.

6.2.2 Plantio

Semelhantemente a fase do preparo de solo, o plantio também ocorre nesta área no mesmo período pela proximidade dos talhões. Os resultados da análise energética e do custo de produção estão apresentados no item 6.1.2 (p. 47).

6.2.3 Tratos culturais

Nas operações dos tratos culturais anuais, tem-se uma dependência elevada de energia indireta na ordem de 78,74% (Tabela 18), de fonte industrial, particularmente pela utilização de adubo em 71,60% do total de energia injetada na cultura.

A segunda dependência é do tipo de energia direta de fonte fóssil em 21,26% com ênfase na utilização em 19,99% do óleo diesel.

De fonte biológica, tem-se apenas a mão-de-obra com uma inexpressiva participação de 1,08% neste itinerário técnico. Mais um vez verifica-se um custo elevado da energia dispendida com a mão-de-obra.

Tabela 18 – Gastos energéticos com tratos culturais da cana sem queima (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	7.822,97	21,26
Biológica	395,72	1,08
– Mão-de-Obra	395,72	1,08
Fóssil	7.427,25	20,19
– Óleo Diesel	7.354,47	19,99
– Lubrificante	61,47	0,17
– Graxa	11,31	0,03
ENERGIA INDIRETA	28.972,24	78,74
Industrial	28.972,24	78,74
– Máquinas e Implementos	186,08	0,51
– Adubo	26.346,70	71,60
– Defensivos	2.439,46	6,63
T O T A L	36.795,21	100,00
TIPO, Fonte e Forma	“Energia Produzida”	%
ENERGIA PRIMÁRIA	13.921,11	100,00
Resíduo Agrícola	13.921,11	100,00
– Vinhaça	13.921,11	100,00
T O T A L	13.921,11	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola

Assim como na cultura para queima da palha, também é utilizado resíduo agrícola na forma de vinhaça para fertilização do solo, sendo uma fonte de energia produzida pela cultura. A produção deste resíduo resultou em 13.921,11 MJ/ha, e que foi reinjetado na produção. Portanto o mesmo valor produzido entrou como energia injetada na forma de adubo biológico.

O custo com insumos tem uma maior participação nesta fase da cultura (Tabela 19) em que representou 47,44% dos gastos, motivados, principalmente, pelo uso de adubo e defensivos (Tabelas 33 a 35, p. 91-93), cuja significância, não proporcional, confere, quando comparados com os gastos energéticos apresentados na Tabela 18.

Para aplicação dos insumos, há necessidade de utilização máquinas, veículos e implementos e que representam 25,26% dos custos, ficando em segundo na ordem de importância.

A mão-de-obra tem a terceira participação neste quadro de 18,34%, que pode ser explicado principalmente pelo trabalho de controle de pragas e formigas. Assim como foi percebido no sistema de corte manual com queima, o custo da energia humana também é elevado.

Tabela 19 – Custos totais com os tratos culturais para o sistema de cana crua (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	1.195,28	25,26
Insumos	2.245,30	47,44
Transportes	424,00	8,96
Mão-de-Obra	868,00	18,34
T O T A L	4.732,58	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola

6.2.4 Colheita mecanizada

Estão apresentados na Tabela 20 os rendimentos de cana crua colhidas por corte e entregue na unidade industrial. A usina adota a prática de fazer o primeiro corte de forma manual e com queima da palha. Isto se deve a maior fixação das raízes no solo. Se for colhida mecanicamente, há um dano maior às soqueiras, o que deve reduzir em um corte pela fragilidade que ocasionaria às plantas.

Este procedimento é recomendado pelo CTC – Centro de Tecnologia Canavieira de Piracicaba, SP, e por constatação, *in loco* na usina. Se comparar com os rendimentos da cana colhida de forma manual (Tabela 15, p. 51), pode-se notar uma perda de rendimento em torno de 2%, resultado que é explicado por frações de cana deixada no campo, inteiros ou esmagados pelo corte das facas da colhedora. Chega-se a conclusão ser esta diferença não significativa, pois aplicando-se um teste estatístico (Teste “t”) resulta em $p > 0,05$ com intervalo de confiança de 95%.

Tabela 20 – Rendimentos da cana crua, colhidas nos cinco cortes anuais e as datas das colheitas

ESTÁGIO	MECÂNICA CRUA (t/ha)	COLHEITA (ano)
1º Corte	126,28 (*)	2002
2º Corte	100,29	2003
3º Corte	86,27	2004
4º Corte	74,36	2005
5º Corte	65,46	2006
TOTAL	452,66	
Média	90,53	

(*) É adotado para o primeiro corte a colheita manual e queimada em razão do forte impacto que sofrem as soqueiras se usado o corte mecanizado.

Fonte: Gerência Agrícola, Departamento de Custos e CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

Na Tabela 21, constata-se a grande utilização de energia direta em 97,27%, em que a fonte fóssil predomina quase que totalmente com 95,64% de toda energia consumida. Sendo um processo de colheita mecanizada e uso de trator para o transbordo da cana colhida para fora da área plantada, destaca-se, então, a intensa utilização do óleo diesel que resultou em 94,57% do total dos dispêndios energéticos, contabilizados nos processos de colheita.

O dispêndio com energia biológica na forma do trabalho humano, ao contrário da utilizada no corte manual, é pouco significativo e representa apenas 1,63%.

Foi estimada a quantidade de massa produzida nos quatro cortes com cana crua, pois o primeiro corte é com queima prévia. Segundo pesquisa feita por Ripoli (1991, p. 62) em que se determinou que, do total produzido, o material remanescente representa 18,87%, sendo 2,58% de frações de colmos de cana não recolhidos, 3,89% de ponteiros, 3,62% de folhas verdes e 8,78% de palha. Estas porcentagens pouco diferem dos resultados encontrados pelo controle de qualidade da usina, conforme declarou a gerência agrícola.

Tabela 21 – Gastos energéticos com a colheita da cana sem queima (MJ/ha)

TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	21.550,34	97,27
Biológica	360,64	1,63
– Mão-de-Obra	360,64	1,63
Fóssil	21.189,69	95,64
– Óleo Diesel	20.952,56	94,57
– Lubrificante	194,25	0,88
– Graxa	42,89	0,19
ENERGIA INDIRETA	604,44	2,73
Industrial	604,44	2,73
– Máquinas e Implementos	604,44	2,73
T O T A L	22.154,78	100,00
TIPO, Fonte e Forma	“Energia Produzida”	%
ENERGIA PRIMÁRIA	3.418.385,02	100,00
Energia da Produção	2.008.909,61	58,77
– Cana-de-açúcar	2.008.909,61	58,77
Resíduo Agrícola	1.409.475,41	41,23
– Palhico	1.409.475,41	41,23
T O T A L	3.418.385,02	100,00

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola

Seguindo ainda o trabalho de Ripoli (1991, p.62), e valores recomendados por Ripoli e Ripoli (2004, p. 151), para outros estudos, estimou-se, neste trabalho o total por hectare de 452,66t de cana entregue na indústria, 11,69t de frações de colmos no material remanescente, 20,17t de ponteiros, 17,89t de folhas verdes e 35,65t de palha. Estes valores em peso (t) e por corte, mais seus respectivos valores energéticos são apresentados na Tabela 46 (p. 104) do Apêndice deste estudo.

No caso da cana com queima, é pouco representativa a fração de colmos que ficam na área. Primeiramente o cortador tem o cuidado com o corte, pois ganha conforme a sua produção. Em segundo lugar, após o carregamento da cana para a usina, vem o trabalho dos “bituqueiros” que fazem uma recolha no talhão.

Do total de 3.418.385,02 MJ/ha de energia produzida (*output*) pela cultura em seus cinco anos de produção, a cana para industrialização representou 58,77%. Mas

tem-se no palhiço ou também chamado de material remanescente (Tabela 21) uma quantidade expressiva de energia produzida de 41,23% no total das “saídas” energéticas.

Consta na Tabela 21 o valor energético produzido pelo palhiço para ter-se uma idéia da sua representatividade na cultura. É considerada energia reciclada pois retornou ao solo após o corte em que foi amontoada a cada duas linhas de plantio para proteção das soqueiras, principalmente para manter a umidade do solo. Como foi produzida e reinjetada na cultura, não foi contabilizada na Tabela 23 (p. 61) na estrutura de dispêndios energéticos, pois matematicamente zera o resultado final.

Com estes resultados, é possível aduzir algumas inferências à massa produzida de palhiço. Esta porção é utilizada na usina como cobertura de área após os cortes e põe em evidência os diversos trabalhos de pesquisa sobre a utilização deste rico material para utilização na indústria, gerando mais energia juntamente como o bagaço. Estes trabalhos têm procurado encontrar meios mais eficazes de coleta no campo, transporte e viabilidade econômica como fonte geradora de energia.

No total dos custos (Tabela 22) com a colheita mecanizada, 69,17% são representados pela mecanização, pelo uso intensivo da colhedora, trator do transbordo, combustíveis, reparos e outros, inerentes ao funcionamento destes equipamentos. Constan também os custos econômicos com depreciação do maquinário, remuneração do capital e outros.

Tabela 22 – Custos totais com as colheitas de cana crua e corte mecanizado (R\$/ha)

Fatores de produção	R\$	%
Mecanização	3.438,13	69,17
Insumos	-	-
Transportes	16,00	0,32
Mão-de-Obra	1.069,40	21,51
Outros Custos	447,14	9,00
T O T A L	4.970,67	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola

A mão-de-obra tem a segunda maior participação nos custos com 21,51%. Isto é explicado pelo salário dos operadores que, mesmo com reduzida quantidade de trabalhadores, é mão-de-obra qualificada.

Somando-se os custos da mecanização e da mão-de-obra, tem-se uma participação expressiva de 90,68% no total, o que demonstra que no corte com uso de colhedoras, deve-se tomar cuidado com os desperdícios que podem ocorrer, tais como, tempo nas operações de reparos, lubrificação, troca de operador e principalmente, da regulagem das lâminas de corte basal e apical (despontador) da cana. Constata-se também nesta fase assim como nas outras apresentadas, a conclusão do alto custo da energia biológica na forma do trabalho humano.

6.3 Análise energética e custos de produção da cana-de-açúcar nos sistemas de cana com e sem queima prévia para colheita.

Todas as energias injetadas e produzidas na produção da cana-de-açúcar, desde o preparo do solo até a última colheita, ou quinto corte para renovação da área para nova etapa de produção, tanto para colheita manual com queima prévia da cana, como para colheita mecanizada com cana crua, estão apresentadas na Tabela 23. Esta tabela apresenta a estrutura de dispêndios energéticos, em que as “entradas” (*inputs*) e as “saídas” (*outputs*) são mensuradas e contabilizadas em unidades energéticas de megajoules por hectare (MJ/ha).

Através da Tabela 23, fica mais evidente a comparação dos gastos energéticos entre os dois sistemas. Como pode ser verificado, houve uma expressiva utilização de energia direta, isto é, 66,33% para cana queimada e de 71,17% para a cana crua. A fonte principal está na dependência da energia de origem biológica e nos dois casos, quase 50% proveniente das mudas. A mão-de-obra é de participação relativamente pequena e, assim mesmo, com maior utilização para a colheita manual (1,80%). Para o sistema mecanizado há uma diminuição de 46,16% na utilização desta forma para a colheita mecânica.

Há uma utilização mais significativa de energia fóssil para o sistema mecanizado (27,86%), sobretudo pela dependência do óleo diesel que utiliza 127,45% a mais deste combustível em relação ao processo de corte manual (Figura 2, p. 64 e Tabela 23).

Tabela 23 – Estrutura de dispêndios energéticos para produção de cana-de-açúcar para os sistemas de corte manual com queima e mecânico sem queima (MJ/ha)

	CANA QUEIMADA		CANA CRUA	
TIPO, Fonte e Forma	“Energia Injetada”	%	“Energia Injetada”	%
ENERGIA DIRETA	<u>67.698,58</u>	<u>66,33</u>	<u>85.477,03</u>	<u>71,17</u>
Biológica	52.868,29	51,80	52.022,99	43,31
– Mão-de-Obra	1.831,20	1,80	985,90	0,82
– Mudas	51.037,09	50,00	51.037,09	42,49
Fóssil	14.830,28	14,53	33.454,04	27,86
– Óleo Diesel	14.541,88	14,25	33.075,82	27,54
– Lubrificante	260,86	0,26	310,64	0,26
– Graxa	27,54	0,03	67,58	0,06
ENERGIA INDIRETA	<u>34.370,72</u>	<u>33,67</u>	<u>34.626,73</u>	<u>28,83</u>
Industrial	34.370,72	33,67	34.626,73	28,83
– Máquinas e Implementos	585,62	0,57	1.086,01	0,90
– Adubo	30.267,90	29,65	30.267,90	25,20
– Calcário	502,42	0,49	502,42	0,42
– Gesso	251,21	0,25	251,21	0,21
– Defensivos	2.763,57	2,71	2.519,19	2,10
ENERGIA INJETADA	102.069,29	100,00	120.103,75	100,00
ENERGIA ÚTIL PRODUZIDA	2.132.862,26		2.008.909,61	
ENERGIA LÍQUIDA	2.030.792,97		1.888.805,86	
EFICIÊNCIA CULTURAL	20,90		16,73	

Fonte: Dados da pesquisa de campo e planilhas da Gerência Agrícola

A segunda maior dependência de energia para os dois sistemas está no tipo indireta, sendo de 33,67% para cana com queima e de 28,83% para a cana sem queima.

Pode-se constatar que nos dois sistemas há um equilíbrio na utilização da fonte industrial, com uma diferença mais significativa em máquinas e implementos, com um aumento para a colheita mecanizada de 85,45% em relação à colheita manual (Figura 1, p. 63 e Tabela 23). Este aumento é explicado pela depreciação energética da colhedora, trator e implementos utilizados no processo mecanizado. Quanto aos outros itens da fonte industrial, eles são bem próximos, pois foram praticamente os mesmos utilizados no preparo de solo,

plantio e tratos culturais. O que diferencia os dois sistemas é a forma de colheita.

No sistema de corte mecanizado, a cultura requereu “entradas” energéticas, 120.103,75 MJ/ha, enquanto o sistema de cana queimada necessitou de 102.069,29 MJ/ha, o que significa um gasto de 17,67% a mais de energia para o sistema de cana crua (Tabela 23).

Utilizando-se dos rendimentos proporcionados de cana queimada (Tabela 15, p. 51) e dos rendimentos da cana colhida sem queima (Tabela 20, p. 57), pode-se deduzir que para cada tonelada de cana produzida foram necessários 220,65 MJ e 265,33 MJ, respectivamente.

A energia líquida produzida pelo sistema de cana queimada, resultou em 2.030.792,97 MJ/ha e de 1.888.808,86 MJ/ha para o sistema de cana crua. No itinerário técnico de produção da cana-de-açúcar para o corte com queima prévia da palha, apresentou uma eficiência cultural igual a 20,90. Isto significa que para cada unidade de energia injetada (*input*) aplicada na cultura, tem-se 19,90 unidades de energia produzida (*output*), subtraindo-se a unidade padrão.

Para a produção da cana-de-açúcar com o corte sem a queima da palha, a eficiência cultural resultou em 16,73. Portanto, para cana unidade de energia ou de “entradas” energéticas, desdobraram-se em 15,73 unidades de energia ou de “saídas” energéticas.

Em termos gerais, a cultura canavieira tem uma dependência elevada de energia direta de origem biológica representada por 51.037,09 MJ/ha e a mão-de-obra com inexpressiva participação, sendo significativa a energia consumida pelas mudas. O mesmo não ocorre em relação aos custos do trabalho humano, que no sistema de corte manual têm uma participação de 34,28% para o corte manual e de 17,85% para o corte mecanizado verificados na Tabela 25 (p. 66).

A segunda maior dependência é de energia de fonte industrial, em que o adubo é o elemento de maior peso, representado nos dois sistemas de cultivo da cana, na necessidade de 30.267,90 MJ/ha e que na média no total da estrutura de dispêndios energéticos entra com 27,42%. Esta participação também corresponde à participação no total dos custos levantados (Figura 2, p. 64 e Tabela 23, p. 61).

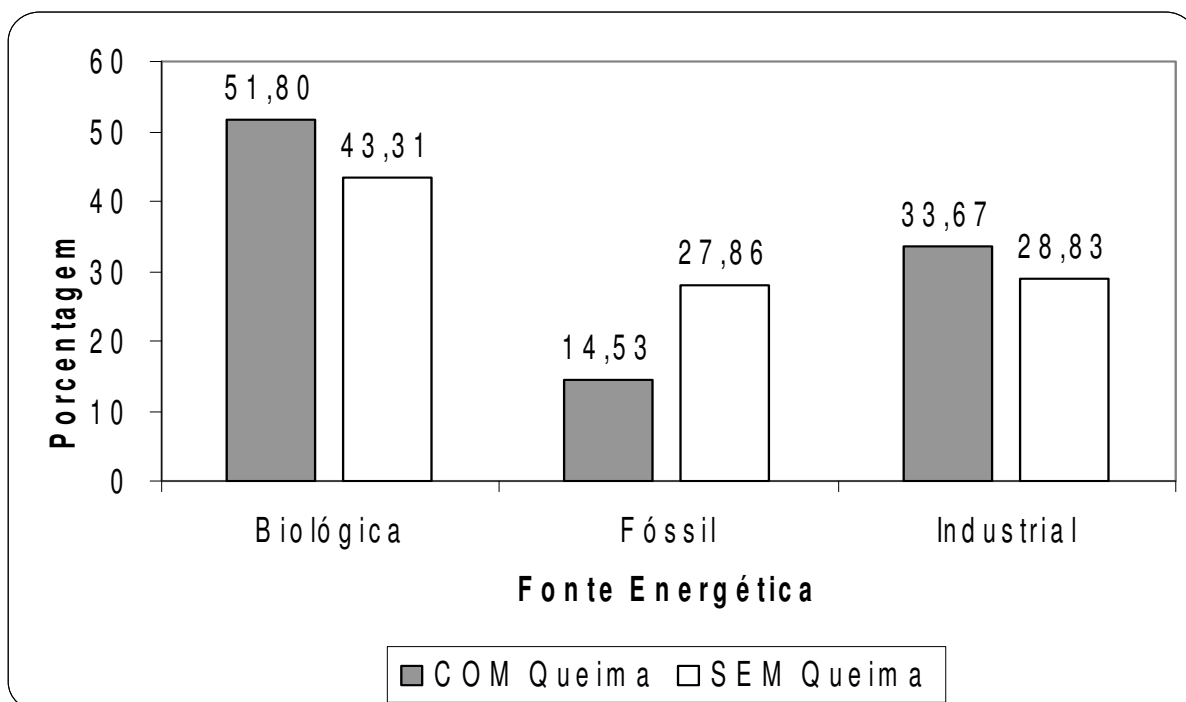


Figura 1 – Participação por hectare, por fontes da utilização de energia direta, na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima

A terceira dependência vem da necessidade da energia de fonte fóssil, principalmente no sistema de cana com corte mecanizado. Isto se deve à utilização do óleo diesel em 14.541,88 MJ/ha (14,25%) para o sistema de corte manual e intensivamente utilizado no sistema de corte mecânico, que requereu 33.075,82 MJ/ha (27,54%) (Figura 2 e Tabela 23, p. 61). Isto significa que, para o corte manual, foram necessários 359,15 l/ha de óleo diesel, e, para o corte mecanizado, 816,89 l/ha, durante todo o ciclo de produção, para reforma da cultura.

Ainda em relação à utilização de energia fóssil, ou seja, óleo diesel, conclui-se que o sistema mecanizado para corte requer 127,45% a mais, que o sistema de corte manual. Esta constatação vem da necessidade de utilização de outras fontes de energias renováveis, que diminuam tal dependência em relação ao óleo diesel.

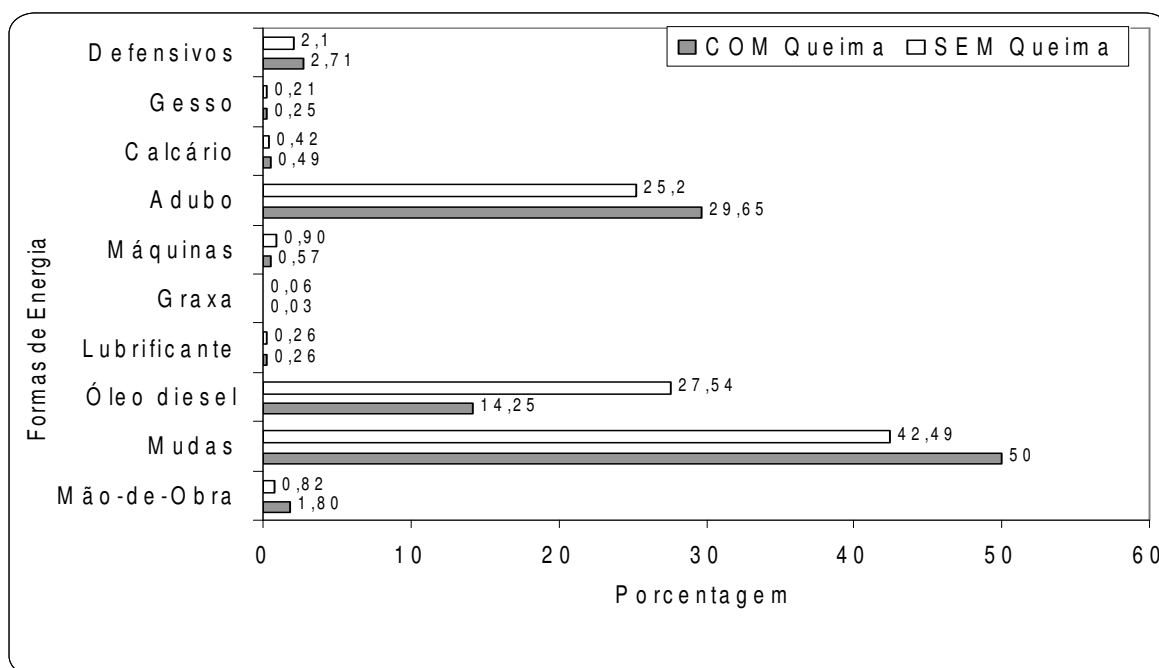


Figura 2 – Participação por hectare, por formas de energia direta, na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima

Tem-se na estrutura dos dispêndios energéticos (Tabela 23, p. 61) a energia útil produzida, isto é, o principal produto, a cana-de-açúcar. Não foram contabilizados as outras energias produzidas pois as mesmas retornaram ao processo produtivo, assim os seus valores entram como crédito e débito, zerando no resultado final. Tais energias estão apresentadas na Tabela 24. O que pode-se notar é que a cultura canavieira produz a vinhaça e a mesma é reciclada em prol da cultura, como adubo biológico. Isto demonstra a evolução técnica que a bem pouco tempo era tratada como efluente sem nenhum aproveitamento.

Foi possível estimar o volume em peso e em valores energéticos o material remanescente, ou seja, palha, folhas verdes, ponteiros e colmos danificados, no sistema de corte mecanizado em cana crua. A unidade produtora estudada adota este material como reciclável, em que são amontoados a cada duas linhas de plantio sobre as soqueiras. Com esses valores expressivos tem suscitado pesquisas para encontrar o melhor itinerário técnico e economicamente viável, do aproveitamento deste material para fins de queima na indústria, colaborando também com o aumento da cogeração de energia elétrica produzida pelas caldeiras.

Tabela 24 – Energia produzida e reciclada pelas culturas em vinhaça e material remanescente (MJ/ha)

ENERGIA PRODUZIDA	COM QUEIMA	%	SEM QUEIMA	%
Vinhaça	14.096,96	100	13.921,11	0,98
Material Remanescente	-		1.409.475,41	99,02
T O T A L	14.096,96	100	1.423.396,52	100

Comparando-se com o sistema de corte manual com cana queimada, fica evidente o quanto deste material é considerado como energia perdida. Isto vem reforçar as medidas tomadas por força de lei sobre a eliminação da queimada da palha e alertar os produtores de cana-de-açúcar do enorme desperdício causado por este sistema de corte.

O sistema de corte manual tem uma eficiência cultural de 4,17 a mais que o sistema de corte mecanizado, mas que no resultado final o material remanescente supera grandemente a produção de cana para o corte com queima prévia da palha.

São apresentados na Tabela 25 (p. 66) os custos totais de produção da cana-de-açúcar em valores monetários (R\$), para a colheita manual e mecanizada. Comparando-se os dois processos em todo o ciclo de produção até à renovação da área, ou seja, o custo por hectare para colheita manual com cana queimada e corte mecanizado com cana crua, tem-se uma visão global dos custos que são necessários.

Para a cana com queima, a mão-de-obra é a mais representativa (34,28%) seguida pelos gastos com insumos (31,70%). Para a cana crua o maior custo é representado pela mecanização (41,76%) e também em segundo lugar (Figura 3 e Tabela 25) os custos com insumos (31,99%).

Enquanto há um aumento de 97,41% nos custos com a mecanização no sistema de cana crua sobre a cana queimada, isto é, de R\$ 2.883,75 para R\$ 5.692,72, e há uma diminuição de 44,63% nos custos com a mão-de-obra utilizada no corte mecânico em relação ao corte manual, de R\$ 4.395,13 para R\$ 2.433,23. Verifica-se a relação direta que existe nos itens mecanização e mão-de-obra. Enquanto o sistema mecanizado quase que dobra o seu custo em relação a substituição do trabalho humano por máquinas, na mesma proporção acontece o

inverso em relação ao custo com a mão-de-obra. A mesma relação também é constatada quanto aos dispêndios energéticos requeridos (Tabela 23, p. 61) e que têm uma participação pouco representativa na estrutura geral. Os gastos energético com a mão-de-obra é determinado pelo seu esforço de produção enquanto máquinas e demais equipamentos pela depreciação energética. O que pesa para as máquinas e implementos é o alto consumo de energia de fonte fóssil, sobretudo na forma do óleo diesel.

Nos demais itens como transportes e outros custos, há certo equilíbrio nos custos.

Analisando-se os custos totais, e dividindo pelos rendimentos proporcionados por cada sistema (Tabelas 15, p. 51 e 20, p. 57), chega-se a um custo por tonelada produzida de R\$ 27,72 para a cana queimada e de R\$ 30,12 para a cana crua. Referenciando em dólar de dezembro de 2006, segundo o Banco Central do Brasil em R\$ 2,15, tem-se respectivamente, US\$ 12,89/t e US\$ 14,01/t.

Segundo Vieira (2003) trabalha-se efetivamente em torno de 20 horas dia, sendo as 4 horas restantes para abastecimento da colhedora e trator, lubrificação, limpeza das facas de corte da cana e troca de operadores.

São contabilizadas, no item mecanização, as despesas com depreciação, juros sobre o capital, seguro e alojamento, representativos pelo alto valor comercial da colhedora, trator para reboque dos transbordos, motoniveladora e outros, e que em geral são desprezados no cálculo do custo por tonelada, colhida pelas usinas.

Tabela 25 - Custos totais de produção / cana queimada e crua (R\$/ha)

	CANA QUEIMADA		CANA CRUA	
	R\$	%	R\$	%
Mecanização	2.883,75	22,49	5.692,76	41,76
Insumos	4.064,85	31,70	4.361,55	31,99
Transportes	761,50	5,94	697,50	5,12
Mão-de-Obra	4.395,13	34,28	2.433,23	17,85
Outros Custos	717,01	5,59	447,14	3,28
Total	12.822,24	100,00	13.632,18	100,00

Fonte: Planilhas do setor de custos e levantamento com pessoal da área agrícola

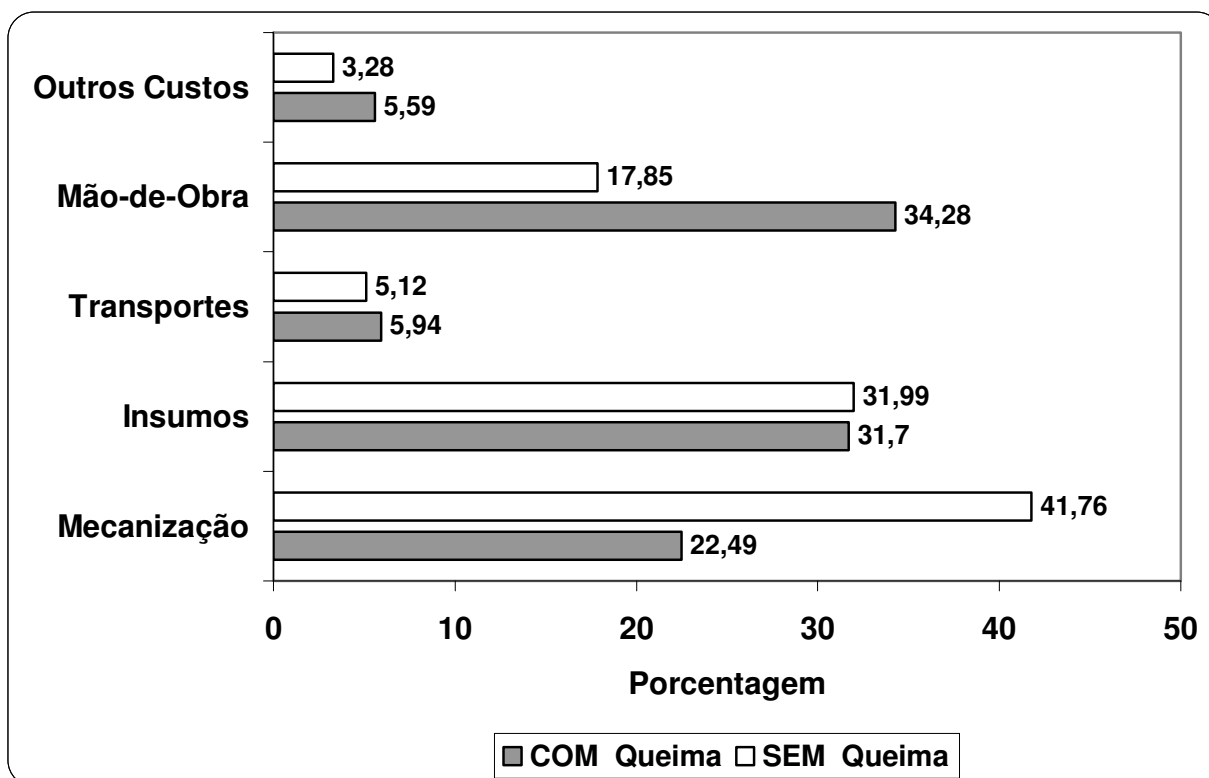


Figura 3 – Participação por hectare, dos custos na produção de cana-de-açúcar para corte manual com queima e corte mecanizado sem queima.

Esta diferença de custo do processo de colheita manual para colheita mecanizada, tem sido amenizada pelas usinas com a terceirização ou como estão denominando de parcerização. As indústrias sucro-alcooleiras têm terceirizado para empresas que fornecem todo o processo que aqui foi estudado: a mão-de-obra, máquinas e implementos, carregadoras e colhedoras.

Tais unidades estão canalizando todos os seus investimentos para a unidade industrial, a fim de conseguirem maximização de produção, aumento de produtividade e qualidade, buscando cada vez mais, menores custos.

Para as atividades de produção agrícola, ficam apenas com planejamento, administração e logística de produção.

7 CONCLUSÕES

No atendimento ao objetivo geral desta pesquisa determinaram-se para uma avaliação comparativa, os gastos energéticos e os custos de produção da cana-de-açúcar em cada fase, isto é, do preparo de solo, plantio, tratos culturais e cortes anuais, manual com queima e mecanizado sem queima, até a renovação das áreas para um novo ciclo que ocorre após o 5.º corte da planta.

Na fase do preparo de solo para o plantio constatou-se uma participação praticamente igual no gasto de energia e no custo de produção. Este equilíbrio deve-se ao uso intenso e necessário de grade aradora e niveladora, subsolador, motoniveladora para abertura de carreador e correção de estrada e pela aplicação de corretivos e defensivos. A utilização de energia biológica na forma do trabalho humano apresenta uma inexpressiva participação (0,12%) no gasto de energia requerida, assim como no custo de produção (0,98%) desta fase.

Na fase de plantio, são equivalentes as participações na análise energética da fonte biológica e do custo com insumos, revelado pela expressiva participação das mudas. O plantio é de forma manual e, por isto, intensivo na utilização de trabalhadores, com baixa utilização de máquinas e óleo diesel.

Nas fases de preparo de solo e plantio são os mesmos para os dois sistemas de corte, pois as áreas são próximas e a frente de trabalho atua no mesmo momento.

Quanto aos tratos culturais para os dois sistemas de corte com e sem

queima da palha, pode-se considerar que são os mesmos em termos de energias requeridas e custos de produção. A pequena variação se dá em função do sistema de cana queimada necessitar de uma aplicação a mais de defensivos e por consequência na utilização de mão-de-obra. A maior dependência ocorre na mesma proporção tanto na energia como no custo com adubo, tendo o óleo diesel a segunda participação na mesma dimensão.

A grande diferenciação está na forma de colheita, embora maior dependência para os dois sistemas está na fonte fóssil, que para o corte manual representa 58,52% e 95,64% para o corte mecanizado. Nos dois casos, esta dependência está centrada na utilização do óleo diesel.

Para o corte manual, a segunda dependência energética encontra-se no trabalho humano em 38,21% e uma participação mais elevada nos custos de produção em 68,30% enquanto o custo com a mecanização resulta em 13,98%. No corte mecânico ocorre o inverso, pois a mão-de-obra representa 1,63% da energia requerida e representa em termos de custos uma expressiva participação de 21,51%, sendo de 69,17% com a mecanização.

Apresentada a estrutura geral de dispêndios energéticos, pode-se comparar os resultados das “entradas” e “saídas” de energias requeridas para todo o ciclo da cultura. Apresenta-se além da estrutura geral, também de forma detalhada por fases, tanto as energias injetadas quanto as energias produzidas. Isso deve servir para todos os envolvidos com a atividade, órgãos oficiais, produtores e sindicatos de trabalhadores, a terem mais claro as ocorrências em termos de energias requeridas em cada fase do cultivo. Leva-se em conta o principal produto final neste estudo que é a cana-de-açúcar, mas também contempla a produção gerada de vinhaça e de material remanescente, resultante do corte mecanizado com cana crua, que são reutilizados ou reciclados na produção.

Determinados e apresentados os custos finais de produção total do ciclo e também por fases mais a estrutura de gastos energéticos requeridos, tem-se instrumentos para planejamento, decisões políticas e outras formas de intervenção em relação à cultura da cana-de-açúcar.

No que se referem às maiores dependências energéticas, observam-se semelhanças entre os dois sistemas de corte, manual e mecanizado. A maior dependência encontra-se no tipo de energia direta de fonte biológica bem evidente na forma das mudas, em torno de 50%. A segunda maior necessidade está no tipo de energia indireta de fonte industrial

e na forma de adubos. Em terceiro plano encontra-se na fonte fóssil com destaque para o óleo diesel. Neste quadro chama atenção a pouca representatividade da energia biológica na forma utilizada da mão-de-obra, sendo de 11,80% para o corte manual e de 0,82% para o corte mecanizado.

Fazendo-se uma relação entre o consumo requerido de energia e o custo de produção, verifica-se uma relação direta nos dois sistemas de corte em relação a energia biológica com a mão-de-obra e a fóssil referente ao óleo diesel. Comparando-se e calculando o custo de produção com a mecanização por energia requerida com máquinas e implementos mais o total de energia fóssil, tem-se um custo de R\$ 0,19/MJ/ha para o sistema de cana colhida manualmente e de R\$ 0,16/MJ/ha para o sistema de cana colhida mecanicamente. Usando-se do mesmo conceito para a mão-de-obra, resulta em R\$ 2,40/MJ/ha para o corte de cana queimada e de R\$ 2,47/MJ/ha para o corte de cana sem queima. Não parece ser justo e coerente comparar a energia requerida com a mão-de-obra com os demais fatores de produção na estrutura de dispêndios energéticos.

Para o sistema de corte com cana queimada, para cada unidade de energia injetada (*input*) resultou numa produção líquida (*output*) de 19,90 unidades de energia. Para o sistema de cana crua, a produção líquida (*output*) foi de 15,73 unidades de energia, sem mencionar a energia produzida pelo rico material remanescente da cultura.

Este estudo possibilitou a determinação da estrutura de dispêndios energéticos para a produção de um ciclo completo da cana-de-açúcar, e ao mesmo tempo um levantamento do custo de produção para futura comparação.

Têm-se variáveis detalhadas que possibilitarão a todos os envolvidos com a cultura da cana-de-açúcar, elementos suficientes para melhor estudar, planejar e otimizar a produção em andamento, na reforma ou na implantação de novas áreas, que resultem numa atividade sustentável com melhor utilização das fontes de energia e que reduzam, cada vez mais, os efeitos negativos sobre o meio ambiente e desemprego de trabalhadores.

O setor sucro-alcooleiro vive intensa euforia com a construção de novas unidades produtoras de açúcar e álcool, aquisições, fusões e conseqüentemente aumento de área para a cultura, e também devido ao interesse internacional na utilização do etanol. Pela competitividade acirrada entre as unidades industriais, tem sido fechadas “as portas” para

trabalhos de pesquisa em que a unidade pesquisada e o setor como um todo serão os maiores beneficiados sem custo algum.

Com a obediência à lei ambiental do estado, que determina o fim da queima da palha como método pré-colheita, os órgãos envolvidos, tanto usinas como as indústrias de colhedoras, voltaram todos os seus esforços para o desenvolvimento de tecnologia que substitua os trabalhadores e com maior ganho de produtividade.

A progressiva migração do sistema de corte manual para o uso de colhedoras que atendam principalmente à legislação ambiental trará conseqüentemente desemprego elevado na cultura da cana. Mas, comparando-se a estrutura de dispêndios energéticos e os custos totais de produção, os resultados apontam para uma necessidade maior de observação e planejamento antes da tomada de decisão, na mudança de sistema de colheita, quanto às conseqüências que poderão ocorrer. Deve-se procurar contemplar vários objetivos, ou seja, atendimento à legislação ambiental que requer a não-queima do canavial, maior aproveitamento dos trabalhadores na colheita, uso de equipamentos que viabilizam o corte com cana crua e com menor custo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLCOOL OU AÇÚCAR, PARA ONDE VAI A PRODUÇÃO? **Agroanalysis**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, v. 26, n.4, p. 27, abr .2006.

ANBID, Lei Nº 11.033, de 21 de Dezembro de 2004, Disponível em:
<http://www.enbid.com.br/institucional/Calandradirect/?temp=5&proj=ANBID&pub...>

Acesso em 28 jan 2007

ANSELMÍ, R. Aumenta o interesse pela mecanização. **JornalCana**. São Paulo, Edição n. 150 – Junho/2006. Tecnologia Agrícola. p. 30.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1990, 307p.

BARBIERI, J. 30 anos do Proálcool no centro do debate. **Jornal da Unicamp**. São Paulo, 14 a 27 de novembro de 2005. p. 11

BERNI, M. D.; BAJAY, S. V. Implicações energéticas e ambientais da eliminação das queimadas de canaviais. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Campinas. Anais, 1998. v. 1, p. 1-5

BOHM, G. M. Queima de cana-de-açúcar e saúde humana. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. São Paulo, v. 16, n.4, p.40-41, mar/abr. 1998.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp – Botucatu/SP. 2002.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia – **Balanco Energético Nacional** – Brasília, DP – MME, 2006. 174 p.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n.6, p. 1977-1985, nov/dez. 2004.

CARMO, M. S.; COMITRE, V.; DULLEY, R. D. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. **Agricultura em São Paulo**. v. 35, n. 1, p. 87-97, 1988.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. **Agricultura em São Paulo**. v. 30, tomos I e II, p. 63-115, 1983.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da *filière* soja na região de Ribeirão Preto – SP**. 1993. 152f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário) – Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp/SP. 1993.

COPERSUCAR. Cana-de-açúcar, São Paulo. Disponível em: http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana_acucar.asp Acesso em: 03 jul. 2006.

DELGADO, A. A. Os efeitos da queima dos canaviais. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. São Paulo, v. 3, n. 6, p.42-45, jul/ago. 1985.

FURLANI NETO, V. L.; RÍPOLI, T. C.; VILLA NOVA, N. A. Avaliação de desempenho operacional de colhedora em canaviais com e sem queima prévia. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. São Paulo, v. 15, n.2, p.18-24, nov/dez. 1996.

GERMEK, H. A. **Análise de decisão sobre o aproveitamento do palhço da cana-de-açúcar, posto na unidade industrial, para fins de cogeração**. 2005, 107 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp, Botucatu, 2005.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E. M.; THAME, A. C. M.; ENGLER, J. J. C. **Administração da empresa agrícola**. 7.ed. São Paulo: Pioneira, 1992. 325p.

HOPKINSON JR, C. S.; DAY JR, J. W. Net energy abalysis of alcohol production from sugarcane. **Scienc**. v. 207, p. 302-303, january, 1980.

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. A. O uso de energia na agricultura paulista. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v. 29, Tomos I e II. p. 55-100, 1982.

LEONARDO JÚNIOR, I. **Análise econômica para a seleção de conjuntos motomecanizados na condução da cultura do milho**. Botucatu, 2000 140p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

MAGALHÃES, M. Brasil avança sobre o espaço deixado pela UE. **JornalCana**. São Paulo, Edição n. 150 – Junho/2006. Produção, Dados & Notícias, p. 16.

MAGRO, J. A. Sistema cana crua: perspectivas de viabilidade. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. São Paulo, v. 16, n.4, p.31-34, mar/abr. 1998.

MALASSIS, L. **Économie agro-alimentaire I: Économie de la consommation et de la production agro-alimentaire**. Cujas, Paris, 1973. 437p.

MELLO, R. Rumo à sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar em São Paulo: as contas ambientais. **RAE – Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 40, n. 3, p. 74-82. jul/set. 2000.

MESSIAS, J. 106 novas usinas estão em projeto ou em construção no País. **JornalCana**. São Paulo, Edição n. 149 – Maio/2006. Painel do Setor, p.12.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301p.

NORONHA, F. N. **Projetos agropecuários**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.

PIMENTEL, D.; HURD, L. E.; BELLOTI, A. C.; FORSTER, M. J.; SHOLES, O. D.; WHITMAN, R. J. Food production and the energy crisis. **Science**. V. 182, p. 443-9, 1973.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, Flórida, CRC Press Inc. 1980. 475p.

PINTO, M. S. V. **Análise econômica e energética de sistema agroflorestal para implantação na terra indígena Araribá – Município de Avaí – SP**. 2002, 136 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp, Botucatu, 2002.

RIPOLI, T. C. C. **Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar – equacionamento dos balanços energético e econômico**. 1991, 148 f. Tese (Livre Docência em Máquinas Agrícolas) – Escolar Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 1991.

RÍPOLI, T. C.; VILLANOVA, N. A. Colheita mecanizadas da cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. São Paulo, v. 11, n. 1, p.28-31, set/out. 1992.

RIPOLI, M. L. C. **Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e do seu potencial energético.** 2002, 91 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2002.

RIPOLI, M. L. C. **Ensaio de dois sistemas de obtenção de biomassa da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) para fins energéticos.** 2004, 235 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, SP, 2004.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Barros & Marques Editoração Eletrônica, Piracicaba, SP – /2004. 202 p.

ROBIN, T. C.; YAMASHITA, R. Y. Estudo e proposta de método alternativo para o corte de cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 9, n. 46, p.22-32, jan/fev. 1989.

SALIBE, A. C. **O Usineiro é Senhor de Engenho?** A influência das mídias na formação da imagem do produtor de açúcar e de álcool, na região de Araçatuba/SP. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Universidade Paulista, São Paulo, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Nº 47.700, de 11 de março de 2003. Regulamenta a Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 14 mar 2003. Seção I.

SÃO PAULO (Estado). Lei Nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 22 set 2002. Seção I.

SARTORI, M. M. P.; BASTA, C. Métodos matemáticos para o cálculo energético da produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Energia na Agricultura**. Botucatu. SP, v. 14, n. 1, p. 52-68, 1999.

SARTORI, M. M. P. **Otimização da produção de energia e biomassa do resíduo de colheita em variedades de cana-de-açúcar.** 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp, Botucatu, 2001

SÉRIE INFORMAÇÕES ESTATÍSTICA AGRÍCOLA, Tabela 23 – Estimativa de custo de operação de máquinas e implementos agrícolas, Estado de São Paulo, Agosto de 2005. São Paulo, v.17, n.1, p 1-116, 2006.

SERRA, G. E.; MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. Avaliação de energia investida na fase agrícola de algumas culturas. Brasília, Secretaria de Tecnologia Industrial – Ministério da Indústria e Comércio, 1979. 86p.

SILVA, J. G.; SERRA, G. E.; MOREIRA, J. R.; GONÇALVES, J. C.; GOLDEMBERG, J. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. **Science**. V. 201, p. 903-906, September 1978.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIONERGIA (UDOP) – Disponível em http://www.udop.com.br/geral.php?item=variedades_rb – Acesso em 09 de Jan. de 2007.

VEIGA FILHO, A. A.; SANTOS, Z. A. P. S.; VEIGA, J. E. R.; OTANI, M. N.; YOSHII, R. J. Análise da mecanização do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**. São Paulo, SP, v.24, n. 10, p. 43-58, out. 1994.

VEIGA FILHO, A. A. Fatores explicativos da mecanização do corte na lavoura canavieira paulista. **Informações Econômicas**. São Paulo, SP, v. 28, n. 11, p. 7-33, nov. 1998.

VIEIRA, G. **Avaliação do custo, produtividade e geração de emprego no corte de cana-de-açúcar, manual e mecanizado, com e sem queima prévia.** 2003. 114 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp, Botucatu, 2003.

VIEIRA, G.; SIMON, E.J. **Possíveis impactos da mecanização do corte da cana-de-açúcar, em consequência da eliminação gradativa da queima da palha.** In: XLIII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Ribeirão Preto. 1 CD-ROM.

WITNEY, B. D. **Choosing and using farm machines.** London: Longman, Scientific & Technical, UK. 1988. 407p.

APÊNDICES

Tabela 26 – Informações sobre máquinas, implementos e veículos

Equipamento	Avião	Motoniveladora	Caminhão	Cam.Tanque
Marca/Modelo	Ipanema	CAT 12H	MB L-2213	MB L-2219
Ano	2.000	2.001	1.999	1.998
Motor (CV)	300	165	130	190
Combustível	Gasolina	Óleo Diesel	Óleo Diesel	Óleo Diesel
Consumo (l/h)	69	20,68 l/h	2,2 km/l	1,3 km/l
	-	-	-	(Vinhaça)
Lubrificantes (l/h)	0,022	0,0480	0,0011	0,0011
Graxa (kg/h)		0,0126	0,0003	0,0003
Peso Líquido	750	13.930,00	8.784,60	10.584,60
Pneus Dianteiros	2 X 8.50/10	2 X 14.00/24	2 X 1000/20	2 X 1000/20
Peso (kg)/cada	1,402	45	41,54	41,54
Pneus Traseiros	1 X 500/5	4 X 14.00/24	8 X 1000/20	8 X 1000/20
Peso (kg)/cada	0,9	45	41,54	41,54
Situação	Terceiro	Próprio	Próprio	Próprio
VU Vida Útil (anos)	20	10	5	5
TU-Tempo Utiliz.(h)	480	1.000	1.000	1.000
Valor (R\$)	-	635.000,00	78.000,00	200.000,00
Depreciação (MJ/h)	1,38	26,56	38,21	44,40

Tabela 26 A – Informações sobre máquinas, implementos e veículos

Equipamento	Trator Peq.	Trator Peq.	Trator Peq.	Trator Grde
	NewHolland			
Marca/Modelo	TS100	Ford 6630 NH	MF 275	Valtra BH 180
Ano	2.004	1.998	1.997	2.002
Motor (CV)	110	95	75	180
Combustível	Óleo Diesel	Óleo Diesel	Óleo Diesel	Óleo Diesel
Consumo (l/h)	9,22	8,26	6,26	16,24
Lubrificantes (l/h)	0,16	0,16	0,16	0,16
Graxa (kg/h)	0,0421	0,0421	0,0421	0,0421
Peso Líquido (kg)	3.919,40	7.689,00	3.750,55	7.015,60
Pneus Dianteiros	2 X 14.9/28	2 X 14.9/24	2 X 7.50/16	2 X 16.9/30
Peso (kg)/cada	58,34	50,52	14,05	70,20
Pneus Traseiros	2 X 23.1/30	2 X 18.4/34	2 X 18.4/30	2 X 24.5/32
Peso (kg)/cada	157,00	105,30	117,70	172
Situação	Próprio	Próprio	Próprio	Próprio
VU Vida Útil (anos)	10	10	10	10
TU-Tempo Utiliz.(h)	1.000	1.000	1.000	108.000 t
Valor (R\$)	105.000,00	95.000,00	65.000,00	132.000,00
Depreciação (MJ/h)	10,88	16,22	8,99	16,73

Tabela 26 B – Informações sobre máquinas, implementos e veículos

Equipamento	Carregadora	Colhedora	Sulcador	Transbordo
Marca/Modelo	Motocana	CHT 2500B	DMB	Santal
Ano	1.992	2.001	2.001	2.000
Motor (CV)	140	280	-	-
Combustível	Óleo Diesel	Óleo Diesel	-	-
Consumo (l/h)	7 l/h	30,26	-	-
Lubrificantes (l/h)	0,1400	0,20	-	-
Graxa (kg/h)	0,0324	0,0507	-	-
Peso Líquido	11.758,00	14.280,00	3.100,00	5.256,00
Pneus Dianteiros	2 X 7.50/18	2 X 14.9/28	-	-
Peso (kg)/cada	15,7	58,34	-	-
Pneus Traseiros	2 X 18.4/34	2 X 23.1/30	-	2 X 23.25/25
Peso (kg)/cada	105,3	157	-	122
Situação	Terceiro	Próprio	Próprio	Próprio
VU Vida Útil (anos)	10	8	5	10
TU-Tempo Utiliz.(h)	1.000	108.000 t	240	108.000 t
Valor (R\$)	150.000,00	820.000,00	14.000,00	22.300,00
Depreciação (MJ/h)	22,55	28,71	26,21	7,68

Tabela 26 C – Informações sobre máquinas, implementos e veículos

Equipamento	Cobridor	Grade Aradora	Distr. Calcário
Marca/Modelo	DMB	Tatu 16x26	Tatu
Ano	2.000	2.000	1.999
Motor (CV)	-	-	-
Combustível	-	-	-
Consumo (l/h)	-	-	-
Lubrificantes (l/h)	-	-	-
Graxa (kg/h)	-	-	-
Peso Líquido (kg)	1.000,00	2.976,90	1.443,00
Pneus Dianteiros	-	-	-
Peso (kg)/cada	-	-	-
Pneus Traseiros		2 X 600/16	4 X 150/16
Peso (kg)/cada		11,55	14,25
Situação	Próprio	Próprio	Próprio
VU Vida Útil (anos)	5	7	10
TU-Tempo Utiliz.(h)	240	480	160
Valor (R\$)	6.000,00	11.800,00	5.900,00
Depreciação (MJ/h)	8,46	9,65	12,58

Tabela 26 D – Informações sobre máquinas, implementos e veículos

Equipamento	Bomba	Cam.Tanque
Marca/Modelo	Jacto	MB L-2219
Ano	2.000/600 l	1.997
Motor (CV)	Usado c/MF 275	190
Combustível	-	Óleo Diesel
Consumo (l/h)	-	1,22 l/km
	-	(Água)
Lubrificantes (l/h)	-	0,0011
Graxa (kg/h)	-	0,0003
Peso Líquido (kg)	400,00	10.584,60
Pneus Dianteiros	-	2 X 1000/20
Peso (kg)/cada	-	41,54
Pneus Traseiros	-	8 X 1000/20
Peso (kg)/cada	-	41,54
Situação	Próprio	Próprio
VU Vida Útil (anos)	10	5
TU-Tempo Utiliz.(h)	480	1.000
Valor (R\$)	6.000,00	120.000,00
Depreciação (MJ/h)	0,85	39,61

Tabela 27 – Custos com o preparo de solo para cana com queima e sem queima (R\$/ha)

16/fev/01	EQUIP. IMPLEM. INSUMOS	RENDIM./ha UNID.	VR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Grade Aradora	Tr. Grde	Gr. Arad.	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Distribuição Calcário/Gesso	Tr. Peq.	Distribui.	h / máq.	1,00 R\$ / h	55,00
Grade Niveladora	Tr. Grde	Gr. Arad.	h / máq.	0,50 R\$ / h	70,00
Subsolagem	Tr. Grde	Gr. Arad.	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Abertura de Carreador	Motoniv.		h / máq.	0,50 R\$ / h	80,00
Aplicação Herbicida	Tr. Peq.	Bomba	h / máq.	0,80 R\$ / h	55,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	89,76
Remuneração do Capital				R\$ / ha	26,94
Seguro				R\$ / ha	1,84
Alojamento				R\$ / ha	15,44
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	128,66
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	27,25
<u>Total Mecanização</u>					<u>603,89</u>
<u>Transporte</u>					
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	5,00
<u>Total Transporte</u>					<u>22,50</u>
<u>Insumos</u>					
Calcário			t	3,00 R\$ / t	55,00
Gesso			t	1,50 R\$ / t	38,00
Herbicida	Glifosato		l	5,00 R\$ / l	8,00
<u>Total de Insumos</u>					<u>262,00</u>
<u>Mão-de-Obra Preparo Solo</u>					
Limpeza de Área			H / d	0,03 R\$ / d	35,00
Remoção de Pedras e Tocos			H / d	0,20 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,02 R\$ / d	36,00
<u>Total Mão-de-Obra Preparo de Solo</u>					<u>8,77</u>
CUSTO DO PREPARO DE SOLO (R\$)					897,16

Tabela 28 – Custos com plantio e tratos culturais p/ colheita com e sem queima prévia (R\$/ha)

2/mar/01		EQUIP.	IMPLEM.	RENDIM./ha	CUSTO UNITÁRIO		CUSTO/ha	
		INSUMOS		UNID.	VALOR	UNID.	VALOR	TOTAL
<u>Mecanização</u>								
Carregamento de Muda		Carregad.	Carregad.	h / máq.	0,25 R\$ / h		50,00	12,50
Sulcação/Adubação		Tr.Grde	Suc/Cultiv.	h / máq.	1,20 R\$ / h		70,00	84,00
Cobertura de Sulco		Tr.Peq.	Tapador	h / máq.	0,70 R\$ / h		55,00	38,50
Aplicação Herbicida		Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,50 R\$ / h		55,00	27,50
Aplicação Maturador 10/04/02		Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha		24,00	24,00
Depreciação Implem/Equip.					R\$ / ha		85,59	85,59
Remuneração do Capital					R\$ / ha		19,43	19,43
Seguro					R\$ / ha		6,62	6,62
Alojamento					R\$ / ha		14,15	14,15
Combustíveis e Lubrificantes					R\$ / ha		120,71	120,71
Reparos e Manutenção					R\$ / ha		22,46	22,46
<u>Total Mecanização</u>								<u>455,46</u>
<u>Insumos</u>								
Muda de Cana				t	11,50 R\$ / t		80,00	920,00
Adubo		2,5-10-10		t	1,50 R\$ / t		265,00	397,50
Herbicida		Sinerge		l	5,00 R\$ / l		24,00	120,00
Herbicida		Furadan		l	6,50 R\$ / l		27,00	175,50
Inseticida		Regent		kg	0,25 R\$ / kg		630,00	157,50
Maturador		Ethrel		l	0,67 R\$ / l		125,00	83,75
<u>Total Insumos</u>								<u>1.854,25</u>
<u>Transporte</u>								
Muda de Cana		C.Canav.		km	30,00 R\$ / km		5,50	165,00
Adubo Líquido		C.Tanque		km	9,00 R\$ / km		4,00	36,00
Água p/ Herbicida		C.Tanque		km	4,50 R\$ / km		4,00	18,00
Rurícolas		Ônibus		km	8,00 R\$ / km		2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>								<u>235,00</u>
<u>Mão-de-Obra Plantio</u>								
Corte de Muda				H / d	5,00 R\$ / d		35,00	175,00
Esparramação Muda				H / d	3,50 R\$ / d		35,00	122,50
Picção				H / d	1,60 R\$ / d		35,00	56,00
Repasse				H / d	1,00 R\$ / d		35,00	35,00
Cabeceira				H / d	1,00 R\$ / d		35,00	35,00
Banqueta				H / d	0,80 R\$ / d		35,00	28,00
Abastecedor de Insumos				H / d	0,60 R\$ / d		35,00	21,00
Desinf. de Ferramentas				H / d	0,10 R\$ / d		35,00	3,50
Bombeiro				H / d	0,10 R\$ / d		35,00	3,50
Encarregado de Equipe				H / d	0,18 R\$ / d		42,00	7,56
<u>Total Mão-de-Obra Plantio</u>								<u>487,06</u>
CUSTO TOTAL DO PLANTIO								3.031,77

Tabela 29 – Custos com tratos culturais após o 1º corte para cana com queima e sem queima (R\$/ha)

Após o 1º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Pulveriz.	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 28/04/03	Av. Agríc. Ipanema	ha		1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09	t	1,33 R\$ / t	210,00	279,30
Herbicida	Velpar	kg	2,00 R\$ / kg	40,00	80,00
Vinhaça		l	240,00 R\$ / kg		0,00
Inseticida	Regent	kg	0,25 R\$ / kg	630,00	157,50
Maturador	Ethrel	l	0,67 R\$ / l	125,00	83,75
<u>Total Insumos</u>					<u>600,55</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque	km	9,00 R\$ / km	4,00	36,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque	km	4,50 R\$ / km	4,00	18,00
Rurícolas	Ônibus	km	8,00 R\$ / km	2,00	16,00
Vinhaça	C.Tanque	km	9,00 R\$ / km	4,00	36,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos		H / d	1,00 R\$ / d	35,00	35,00
Capina		H / d	0,60 R\$ / d	35,00	21,00
Controle de Pragas/Formigas		H / d	4,00 R\$ / d	35,00	140,00
Queima de Palha		H / d	0,21 R\$ / d	35,00	7,35
Encarregado de Equipe		H / d	0,10 R\$ / d	42,00	4,20
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>207,55</u>
CUSTO TOTAL COM TRATOS CULTURAIS (R\$)					1.212,92

Tabela 30 – Custos com tratos culturais após o 2º corte para cana com queima

Após o 2º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 03/05/04	Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09		t	1,22 R\$ / t	210,00
Herbicida	Velpar		kg	2,00 R\$ / kg	40,00
Vinhaça			l	240,00 R\$ / kg	0,00
Inseticida	Regent		kg	0,25 R\$ / kg	630,00
Maturador	Etherel		l	0,67 R\$ / l	125,00
<u>Total Insumos</u>					<u>577,45</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	4,00
Rurícolas	Ônibus		km	8,00 R\$ / km	2,00
Vinhaça	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos			H / d	1,00 R\$ / d	35,00
Capina			H / d	0,60 R\$ / d	35,00
Controle de Pragas/Formigas			H / d	4,00 R\$ / d	35,00
Queima de Palha			H / d	0,21 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,10 R\$ / d	42,00
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>207,55</u>
CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS					1.189,82

Tabela 31 – Custos com tratos culturais após o 3º corte para cana com queima (R\$/ha)

Após o 3º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 16/05/05	Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09		t	1,11 R\$ / t	210,00
Herbicida	Velpar		kg	2,00 R\$ / kg	40,00
Vinhaça			l	232,00 R\$ / kg	
Maturador	Ethrel		l	0,67 R\$ / l	125,00
<u>Total Insumos</u>					<u>396,85</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	4,00
Rurícolas	Ônibus		km	8,00 R\$ / km	2,00
Vinhaça	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos			H / d	1,00 R\$ / d	35,00
Capina			H / d	0,60 R\$ / d	35,00
Controle de Pragas/Formigas			H / d	4,00 R\$ / d	35,00
Queima de Palha			H / d	0,21 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,10 R\$ / d	42,00
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>207,55</u>
<u>CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS</u>					<u>1.009,22</u>

Tabela 32 – Custos com tratos culturais após o 4º corte com cana queimada (R\$/ha)

Após o 4º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq. 1,00 R\$ / h	70,00	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq. 0,33 R\$ / h	55,00	18,15
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq. 0,10 R\$ / h	80,00	8,00
Aplicação Maturador 24/05/06	Av. Agríc.	Ipanema	ha 1,00 R\$ / ha	24,00	24,00
Depreciação Implem/Equip.			R\$ / ha	42,61	42,61
Remuneração do Capital			R\$ / ha	13,62	13,62
Seguro			R\$ / ha	7,00	7,00
Alojamento			R\$ / ha	7,93	7,93
Combustíveis e Lubrificantes			R\$ / ha	86,25	86,25
Reparos e Manutenção			R\$ / ha	21,26	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09	t	1,00 R\$ / t	210,00	210,00
Herbicida	Velpar	kg	2,00 R\$ / kg	40,00	80,00
Vinhaça		m ³	250,00		
Maturador	Etrell	l	0,67 R\$ / l	125,00	83,75
<u>Total Insumos</u>					<u>373,75</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque	km	9,00 R\$ / km	4,00	36,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque	km	4,50 R\$ / km	4,00	18,00
Rurícolas	Ônibus	km	8,00 R\$ / km	2,00	16,00
Vinhaça	C.Tanque	km	9,00 R\$ / km	4,00	36,00
<u>Total de Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos		H / d	1,00 R\$ / d	35,00	35,00
Capina		H / d	0,60 R\$ / d	35,00	21,00
Controle de Pragas/Formigas		H / d	4,00 R\$ / d	35,00	140,00
Queima de Palha		H / d	0,21 R\$ / d	35,00	7,35
Encarregado de Equipe		H / d	0,10 R\$ / d	42,00	4,20
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>203,35</u>
CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS					981,92

Tabela 33 – Custos com tratos culturais após o 2º corte com cana sem queima (R\$/ha)

Após o 2º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 03/05/04	Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09		t	1,22 R\$ / t	210,00
Herbicida	Velpar		kg	1,30 R\$ / kg	40,00
Herbicida	Diuron		l	1,80 R\$ / l	13,00
Inseticida	Actara		kg	0,60 R\$ / kg	260,00
Vinhaça			t	225,00 R\$ / kg	0,00
Maturador	Etrell		l	0,67 R\$ / l	125,00
<u>Total Insumos</u>					<u>571,35</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	4,00
Rurícolas	Ônibus		km	8,00 R\$ / km	2,00
Vinhaça	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos			H / d	1,00 R\$ / d	35,00
Capina			H / d	0,60 R\$ / d	35,00
Controle de Pragas/Formigas			H / d	4,00 R\$ / d	35,00
Enleiramento de Palha			H / d	0,57 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,10 R\$ / d	42,00
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>220,15</u>
CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS					1.196,32

Tabela 34 – Custos com tratos culturais após o 3º corte com cana sem queima

Após o 3º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 16/05/05	Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09		t	1,11 R\$ / t	210,00
Herbicida	Velpar		kg	1,30 R\$ / kg	40,00
Herbicida	Diuron		l	1,80 R\$ / l	13,00
Inseticida	Actara		kg	0,60 R\$ / kg	260,00
Vinhaça			m ³	240,00 R\$ / m ³	0,00
Maturador	Etrell		l	0,67 R\$ / l	125,00
<u>Total Insumos</u>					<u>548,25</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	4,00
Rurícolas	Ônibus		km	8,00 R\$ / km	2,00
Vinhaça	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos			H / d	1,00 R\$ / d	35,00
Capina			H / d	0,60 R\$ / d	35,00
Controle de Pragas/Formigas			H / d	4,00 R\$ / d	35,00
Enleiramento de Palha			H / d	0,57 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,10 R\$ / d	42,00
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>220,15</u>
CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS					1.173,22

Tabela 35 – Custos com tratos culturais após o 4º corte com cana sem queima (R\$/ha)

Após o 4º Corte	EQUIP. INSUMOS	IMPLEM.	RENDIM./ha UNID. VALOR	CUSTO UNITÁRIO UNID. VALOR	CUSTO/ha TOTAL
<u>Mecanização</u>					
Cultivo	Tr.Grde	Cult/Pulv	h / máq.	1,00 R\$ / h	70,00
Aplicação de Herbicida	Tr.Peq.	Pulveriz.	h / máq.	0,33 R\$ / h	55,00
Conserv.Estradas/Carreadores	Motoniv.		h / máq.	0,10 R\$ / h	80,00
Aplicação Maturador 24/05/06	Av. Agríc.	Ipanema	ha	1,00 R\$ / ha	24,00
Depreciação Implem/Equip.				R\$ / ha	42,61
Remuneração do Capital				R\$ / ha	13,62
Seguro				R\$ / ha	7,00
Alojamento				R\$ / ha	7,93
Combustíveis e Lubrificantes				R\$ / ha	86,25
Reparos e Manutenção				R\$ / ha	21,26
<u>Total Mecanização</u>					<u>298,82</u>
<u>Insumos</u>					
Adubo	09-00-09		t	1,00 R\$ / t	210,00
Herbicida	Velpar		kg	1,30 R\$ / kg	40,00
Herbicida	Diuron		l	1,80 R\$ / l	13,00
Inseticida	Actara		kg	0,60 R\$ / kg	260,00
Vinhaça			m ³	245,00	0,00
Maturador	Etrell		l	0,67 R\$ / l	125,00
<u>Total Insumos</u>					<u>525,15</u>
<u>Transporte</u>					
Adubo	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
Água p/ Herbicida	C.Tanque		km	4,50 R\$ / km	4,00
Rurícolas	Ônibus		km	8,00 R\$ / km	2,00
Vinhaça	C.Tanque		km	9,00 R\$ / km	4,00
<u>Total Transporte</u>					<u>106,00</u>
<u>Mão-de-Obra Tratos</u>					
Diversos			H / d	1,00 R\$ / d	35,00
Capina			H / d	0,60 R\$ / d	35,00
Controle de Pragas/Formigas			H / d	4,00 R\$ / d	35,00
Enleiramento de Palha			H / d	0,57 R\$ / d	35,00
Encarregado de Equipe			H / d	0,10 R\$ / d	42,00
<u>Total Mão-de-Obra Tratos</u>					<u>220,15</u>
CUSTO DOS TRATOS CULTURAIS					1.150,12

Tabela 36 – Custos com a 1ª colheita manual da cana com queima prévia (R\$/ha).

IV - COLHEITA			EQUIPAM. IMPLEM.		RENDIM/ha		CUSTO UNITÁRIO		CUSTO/ha
1º Corte / 06 Jun 2002			INSUMOS		UNID	VALOR	UNID	VALOR	TOTAL
<u>Mecanização</u>									
Carregadora - Terceiros				t		126,22	R\$ / t	1,36	171,66
<u>Total Mecanização</u>									171,66
<u>Transporte</u>									
Rurícolas			Ônibus	km		8,00	R\$ / km	2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>									16,00
<u>Mão-de-Obra</u>									
Aceiro				H / d		0,15	R\$ / d	35,00	5,25
Cortadores				H / d		16,82	R\$ / d	45,80	770,36
Catação de Bituca				H / d		1,12	R\$ / d	35,00	39,20
Apontador				H / d		0,25	R\$ / d	35,00	8,75
Medidor				H / d		0,30	R\$ / d	35,00	10,50
Mão-de-Obra de Apoio				H / d		0,15	R\$ / d	35,00	5,25
<u>Total Mão-de-Obra Colheita</u>									839,31
<u>Outros Custos</u>									
Tanque de Incêndio				t		126,22	R\$ / t	0,18	22,72
Serviços Mecanizados Div.				t		126,22	R\$ / t	0,26	32,82
Custos Admin. Diversos				t		126,22	R\$ / t	1,11	140,10
<u>Total Outros Custos</u>									195,64
CUSTO DO CORTE									1.222,61

Tabela 37 – Custos com a 2ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).

IV - COLHEITA		EQUIPAM.	IMPLEM.	RENDIM/ha	CUSTO UNITÁRIO		CUSTO/ha	
2º Corte / 23 Jun 2003		INSUMOS		UNID	VALOR	UNID	VALOR	TOTAL
<u>Mecanização</u>								
Carregadora - Terceiros				t	102,46	R\$ / t	1,36	139,35
<u>Total Mecanização</u>								<u>139,35</u>
<u>Transporte</u>								
Rurícolas		Ônibus		km	8,00	R\$ / km	2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>								<u>16,00</u>
<u>Mão-de-Obra</u>								
Aceiro				H / d	0,17	R\$ / d	35,00	5,95
Cortadores				H / d	13,67	R\$ / d	45,80	626,09
Catação de Bituca				H / d	0,91	R\$ / d	35,00	31,85
Apontador				H / d	0,20	R\$ / d	35,00	7,00
Medidor				H / d	0,23	R\$ / d	35,00	8,05
Mão-de-Obra de Apoio				H / d	0,12	R\$ / d	35,00	4,20
<u>Total Mão-de-Obra Colheita</u>								<u>683,14</u>
<u>Outros Custos</u>								
Tanque de Incêndio				t	102,46	R\$ / d	0,18	18,44
Serviços Mecaniz. Diversos				t	102,46	R\$ / d	0,26	26,64
Custos Admin. Diversos				t	102,46	R\$ / d	1,11	113,73
Total Outros Custos								<u>158,81</u>
CUSTO DO CORTE								997,29

Tabela 38 – Custos com a 3ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).

IV - COLHEITA	EQUIPAM. IMPLEM.	RENDIM/ha	CUSTO		CUSTO/ha	
3º Corte / 23 Jul 2004	INSUMOS	UNID VALOR	UNID	VALOR	TOTAL	
<u>Mecanização</u>						
Carregadora - Terceiros		t	89,26	R\$ / t	1,36	121,39
<u>Total Mecanização</u>					<u>121,39</u>	
<u>Transporte</u>						
Rurícolas	Ônibus	km	8,00	R\$ / km	2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>					<u>16,00</u>	
<u>Mão-de-Obra</u>						
Aceiro		H / d	0,10	R\$ / d	35,00	3,50
Cortadores		H / d	11,90	R\$ / d	45,80	545,02
Catação de Bituca		H / d	0,79	R\$ / d	35,00	27,65
Apontador		H / d	0,18	R\$ / d	35,00	6,30
Medidor		H / d	0,21	R\$ / d	35,00	7,35
Mão-de-Obra de Apoio		H / d	0,11	R\$ / d	35,00	3,85
<u>Total Mão-de-Obra Colheita</u>					<u>593,67</u>	
<u>Outros Custos</u>						
Tanque de Incêndio		t	89,26	R\$ / t	0,18	16,07
Serviços Mecanizados Div.		t	89,26	R\$ / t	0,26	23,21
Custos Admin. Diversos		t	89,26	R\$ / t	1,11	99,08
<u>Total Outros Custos</u>					<u>138,35</u>	
CUSTO DO CORTE					869,42	

Tabela 39 – Custos com a 4ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).

IV - COLHEITA			EQUIPAM.	IMPLEM.	RENDIM/ha	CUSTO UNITÁRIO		CUSTO/ha	
4º Corte / 14 Jul 2005			INSUMOS		UNID	VALOR	UNID	VALOR	TOTAL
<u>Mecanização</u>									
Carregadora - Terceiros					t	78,33	R\$ / t	1,36	106,53
<u>Total Mecanização</u>									<u>106,53</u>
<u>Transporte</u>									
Rurícolas			Ônibus		km	8,00	R\$ / km	2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>									<u>16,00</u>
<u>Mão-de-Obra</u>									
Aceiro					H / d	0,09	R\$ / d	35,00	3,15
Cortadores					H / d	10,45	R\$ / d	45,80	478,61
Catação de Bituca					H / d	0,69	R\$ / d	35,00	24,15
Apontador					H / d	0,02	R\$ / d	35,00	0,56
Medidor					H / d	0,18	R\$ / d	35,00	6,30
Mão-de-Obra de Apoio					H / d	0,09	R\$ / d	35,00	3,15
<u>Total Mão-de-Obra Colheita</u>									<u>515,92</u>
<u>Outros Custos</u>									
Tanque de Incêndio					t	78,33	R\$ / t	0,18	14,10
Serviços Mecanizados Div.					t	78,33	R\$ / t	0,26	20,37
Custos Admin. Diversos					t	78,33	R\$ / t	1,11	86,95
<u>Total Outros Custos</u>									<u>121,41</u>
CUSTO DO CORTE									759,86

Tabela 40 – Custos com a 5ª colheita manual e cana com queima prévia (R\$/ha).

IV - COLHEITA			CUSTO UNITÁRIO		CUSTO/ha	
5º Corte / 22 Jul 2006	EQUIPAM. IMPLEM. INSUMOS	RENDIM/ha UNID VALOR	UNID VALOR	TOTAL		
<u>Mecanização</u>						
Carregadora - Terceiros		t	66,32	R\$ / t	1,36	90,20
<u>Total Mecanização</u>						<u>90,20</u>
<u>Transporte</u>						
Rurícolas	Ônibus	km	8,00	R\$ / km	2,00	16,00
<u>Total Transporte</u>						<u>16,00</u>
<u>Mão-de-Obra</u>						
Aceiro		H / d	0,08	R\$ / d	35,00	2,80
Cortadores		H / d	8,84	R\$ / d	45,80	404,87
Catação de Bituca		H / d	0,59	R\$ / d	35,00	20,65
Apontador		H / d	0,13	R\$ / d	35,00	4,55
Medidor		H / d	0,16	R\$ / d	35,00	5,60
Mão-de-Obra de Apoio		H / d	0,08	R\$ / d	35,00	2,80
<u>Total Mão-de-Obra Colheita</u>						<u>441,27</u>
<u>Outros Custos</u>						
Tanque de Incêndio		t	66,32	R\$ / t	0,18	11,94
Serviços Mecanizados Div.		t	66,32	R\$ / t	0,26	17,24
Custos Admin. Diversos		t	66,32	R\$ / t	1,11	73,62
<u>Total Outros Custos</u>						<u>102,80</u>
CUSTO DO CORTE						650,26

Tabela 45 – Fatores em quantidades de quilocalorias (kcal) e seus equivalentes em megajoules (MJ).

Itens	Qtd	Unidade	MJ/t	MJ/l	MJ/kg	MJ/h
Cana-de-açúcar	1.060	kcal/kg	4.438,01			
Caldo de cana	620	kcal/kg	2.595,82			
Bagaço da cana	2.257	kcal/kg	9.449,61			
Melaço da cana	1.930	kcal/kg	8.080,52			
Óleo diesel	9.671,76	kcal/l		40,49		
Gasolina p/ Aviação	8.700,48	kcal/l		36,43		
Lubrificantes	10.152,38	kcal/l		42,51		
Graxa	10.151,24	kcal/kg		42,50		
N P₂O₅ K₂O	13.875	kcal/kg	58.091,85		58,09	
N P₂O₅ K₂O	1.665	kcal/kg	6.971,02		6,97	
N P₂O₅ K₂O	1.110	kcal/kg	4.647,35		4,65	
Defensivos (kg)	73.260	kcal/kg			306,72	
Defensivos (l)	44,13	kcal/l		0,18		
Calcário	40	kcal/kg	167,47			
Gesso	40	kcal/kg	167,47			
Vinhaça	3.500	kcal/l		14,65		
Cal	315	kcal/kg				
Mão-de-Obra	485	kcal/h				2,0306
Mão-de-Obra	525	kcal/h				2,19807

Conversão das unidades

	J	MJ	kcal
1 cal	4,1868	4,19E-06	
1.000 cal	4.186,80		1
1 kcal		0,004187	

Tabela 46 – Estimação da massa total produzida (colmos, frações, ponteiros, folhas verdes e palha) por colheita.

Corte	Colmos	MJ/t	Frações	MJ/t	Ponteiros	MJ/t
1º	126,28	560.431,90	3,26	14.467,91	4,62	84.159,54
2º	100,29	445.088,02	2,59	11.494,45	4,78	87.074,15
3º	86,27	382.867,12	2,23	9.896,76	4,11	74.869,20
4º	74,36	330.010,42	1,92	8.520,98	3,54	64.485,88
5º	65,46	290.512,13	1,69	7.500,24	3,12	56.835,01
TOTAL	452,66	2.008.909,61	11,69	51.880,34	20,17	367.423,78
Média	90,532	401.781,92	2,338	10.376,07	4,034	73.484,76
Desvio Padrão	23,88	105.989,53	0,62	2.735,67	0,70	12.832,90
C V (%)	26,38	26,38	26,37	26,37	17,46	17,46

Corte	Folhas Verdes	MJ/t	Palha	MJ/t	Palhiço	MJ/t
1º	3,41	62.991,50	0,54	9.992,60	3,26	171.611,55
2º	4,45	82.202,98	10,79	199.667,01	22,61	380.438,59
3º	3,83	70.749,98	9,28	171.724,73	19,45	327.240,67
4º	3,30	60.959,51	8,00	148.038,56	16,76	282.004,93
5º	2,90	53.570,48	7,04	130.273,93	14,75	248.179,66
TOTAL	17,89	330.474,46	35,65	659.696,83	76,83	1.409.475,41
Média	3,578	66.094,89	7,13	131.939,37	15,366	281.895,08
Desvio Padrão	0,53	9.736,57	3,53	65.273,09	6,60	70.804,30
C V (%)	14,73	14,73	49,47	49,47	42,97	25,12

Corte	TOTAL	MJ/t
1º	129,54	732.043,45
2º	122,9	825.526,61
3º	105,72	710.107,79
4º	91,12	612.015,36
5º	80,21	538.691,80
TOTAL	529,49	3.418.385,01
Média	105,90	683.677,00
Desvio Padrão	20,77	111.035,26
C V (%)	19,62	16,24

		Massa total produzida	
			%
	kcal/kg		
	MJ/t		
Cana-de-açúcar	1.060,00	Colmos	81,13
Ponteiros	4.350,90	Palhiço	18,87
Folhas Verdes	4.412,10	Frações	2,58
Palhas	4.419,80	Ponteiros	3,89
		Folhas Verdes	3,62
		Palha	8,78