



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA
PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRODESTILARIAS

Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos

Dezembro de 2011.

Itajubá - MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos

ANÁLISE DA VIABILIDADE ENERGÉTICA E ECONOMICA DA
PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRODESTILARIAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Energia, Sociedade e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira.

Dezembro de 2011.

Itajubá - MG

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Cristiane Carpinteiro- CRB_6/1702

S237a

Santos, Rodolfo Esmarady Rocha dos

Análise da viabilidade energética e econômica da produção de etanol em microdestilarias. / por Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos. -- Itajubá (MG) : [s.n.], 2011.

112 p.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Análise energética. 2. Etanol. 3. Microdestilaria. 4. Análise econômica. I. Nogueira, Luiz Augusto Horta, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a primeiramente Deus que não me faltou em nenhum momento.

Ao professor, orientador, Prof. Luiz Augusto Horta Nogueira por me acolher e direcionar nesta longa caminhada de conhecimento.

Ao professor Carlos Roberto Rocha que me incentivou, acreditando na minha capacidade e determinação.

A Fazenda Agroindustrial Serra Grande, que sem ela não poderia ter desenvolvido este trabalho.

Aos amigos da UNIFEI e EXCEN pela contribuição na confecção, dedicação e ajuda com informações que tornaram possíveis o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais Ângela e Roberto, e Hyago meu filho querido

SUMÁRIO

SUMÁRIO	I
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. <i>Objetivo Geral.....</i>	<i>2</i>
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	<i>2</i>
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 - Cana de açúcar	3
2.1.1 - <i>Produtos e subprodutos obtidos da cana-de-açúcar.....</i>	<i>5</i>
2.2 - Etanol.....	6
2.2.1- <i>Produção de etanol</i>	<i>8</i>
2.3 - Aguardente.....	10
2.4 - Subprodutos da indústria sucroalcooleira.....	11
2.5 - Mercado brasileiro de bebidas alcoólicas.....	13
2.6 - Microdestilarias	16
2.6.1 - <i>Definições e processo de destilação</i>	<i>17</i>
2.6.2 - <i>Etapas e definições da produção do etanol em pequena escala</i>	<i>18</i>
2.6.3 - <i>Utilizações do etanol produzido por Microdestilarias.....</i>	<i>23</i>
2.7 - Análise Energética.....	25
2.7.1 - <i>Conceitos de Análise Input-Output.....</i>	<i>25</i>
2.7.2 - <i>Balanco energético da fase agrícola</i>	<i>27</i>

2.7.3 - Balanço energético da fase agroindustrial.....	30
2.8 - ANÁLISE ECONÔMICA.....	32
2.8.1 - Fluxo de caixa	32
2.8.2 - Critérios para tomada de decisão.....	34
2.8.3 - Investimentos	37
2.8.4 - Análise econômica do investimento (Financiamento e Taxas de Juros) .	38
3 - METODOLOGIA.....	40
3.1 - Análise energética da produção agrícola.....	40
3.1.1 - Mão de obra	41
3.1.2 - Máquinas e equipamentos	41
3.1.3. Combustíveis.....	42
3.1.4. Agrotóxicos.....	42
3.1.5. Fertilizantes	42
3.1.6. Mudas para o cultivo.....	43
3.1.7. Transporte	43
3.1.8. Lenha.....	44
3.2 - Análise energética Fase Industrial.....	44
3.2.1 - Edificações	44
3.2.2 - Máquinas e equipamentos leves e pesados.....	45
3.3 - Análise energética do bagaço total.....	46
3.3.1 - Bagaço Utilizado.....	46
3.3.2 - Bagaço excedente.....	47
3.4 - Análise energética do etanol combustível	47
3.4.1 – Venda do Etanol combustível produzido.	47
3.4.2 – Venda da Aguardente produzida	48
3.5 – Análise econômica do etanol combustível e aguardente.	49

3.5.1 - Fator de Recuperação de Capital:.....	49
3.5.2- Fator de Valor Presente:	49
3.5.3 – Taxa Interna de Retorno (TIR).....	49
3.5.4 – Tempo de retorno do capital (TR).....	50
4 - ESTUDO DE CASO: Microdestilaria Agroindustrial Serra Grande	51
4.1 - Balanço Energético	51
4.1.1 - Fase Agrícola: Consumo energético	51
4.1.2 - Produtividades agrícolas	53
4.1.3 - Mão – de – Obra.....	54
4.1.4 - Máquinas e Equipamentos Agrícolas.	55
4.1.5 – Mudas.....	58
4.1.6 – Transporte da cana.....	58
4.1.7 - Combustíveis.....	58
4.1.8 - Fertilizantes	60
4.1.9 - Agrotóxico	62
4.2 - Balanço energético agro-industrial.....	63
4.2.1 - Fases Industriais (Usina, microdestilaria).....	63
4.2.2 - Edificações e equipamentos do setor industrial	64
4.2.3 - Utilização da energia elétrica no processo.....	67
4.3. Consumo de outros energéticos	68
4.3.1 - Lenha	68
4.3.2 - Bagaço	69
4.4 - Análise da produção do etanol na microdestilaria	70
4.5 - Balanços de energia na produção de etanol em microdestilaria	71
4.6 – Análise econômica da microdestilaria.....	78
4.6.1 - Equipamentos necessários a microdestilaria	78

4.6.2 - Custos de produção da cana de açúcar (fase agrícola)	79
4.6.3- Benefício: Venda do etanol e aguardente	79
4.6.4 - Consumo de eletricidade na microdestilaria	80
4.6.5 - Fluxos de caixa Microdestilaria.....	80
5 – DISCUSÕES	90
5.1 – Análise energética do Estudo de Caso	90
5.2 - Análise econômica.	92
6. CONCLUSÕES	94
7- SUGESTÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1- Evolução da produção da cana de açúcar no Brasil.	4
Figura 2. 2- Evoluções da produtividade da cana de açúcar no Brasil.	4
Figura 2. 3 - Cana de açúcar produtos e subprodutos.	5
Figura 2. 4 - Evolução da produção de etanol anidro e hidratado no Brasil.	9
Figura 2. 5 - Evolução dos preços do etanol no Brasil (2001/2008).	9
Figura 2. 6 - Mercado de bebidas alcoólicas no Brasil	13
Figura 2. 7 - Mercado de bebidas destiladas no Brasil.....	14
Figura 2. 8 - Processo Geral da produção da aguardente.....	16
Figura 2. 9 - Processo de destilação.	17
Figura 2. 10 - Extração do caldo da cana.....	19
Figura 2. 11 - Bagaço gerado.....	19
Figura 2. 12 - Dornas de diluição.....	20
Figura 2. 13 - Decantador (Início).....	20
Figura 2. 14 - Decantadores (Final).....	21
Figura 2. 15 - Dornas de fermentação.....	22
Figura 2. 16 - Fermentação em andamento	22
Figura 2. 17 - Microdestilador de etanol hidratado	23
Figura 2. 18 - Exemplo de fluxo de caixa	32
Figura 2. 19 - Fluxo de caixa (Bortoni, 2006).....	33
Figura 2. 20 - Fluxo de caixa (VPL).....	35
Figura 4. 1 - Localização da Cidade de Piranguinho, Sul de Minas Gerais.....	51
Figura 4. 2 - Etapas de produção da cana “Fase agrícola”	53
Figura 4. 3 - Produtividade da cana de açúcar.....	54
Figura 4. 4 - Distribuição do consumo energético	56
Figura 4. 5 – Consumo energético- Maquinário.....	58

Figura 4. 6 - Distribuição de consumo de combustível por operação agrícola	60
Figura 4. 7 - Distribuição do Consumo de energia embutida nos fertilizantes	61
Figura 4. 8 - Processos de produção do etanol	63
Figura 4. 9 - Distribuição do consumo energético na microdestilaria	66
Figura 4. 10 - Porcentagem da utilização do bagaço.	70
Figura 4. 11 - Porcentagem energética do etanol e do bagaço excedente	71
Figura 4. 12 - Distribuição do consumo energético, fase agrícola.	72
Figura 4. 13 - Consumo energético setor industrial	73
Figura 4. 14 - Fluxos de energia em (kcal/TC) na produção de etanol em uma microdestilaria	76
Figura 4. 15 - Fluxos de energia em (kcal/TC) na produção de etanol em grandes destilarias (Seabra, 2008)	76
Figura 4. 16 – Indicador mensal do etanol hidratado combustível.....	83
Figura 4. 17 - Produção de etanol hidratado	83
Figura 4. 18 - Produção de aguardente.....	85
Figura 4. 19 – Tempo de retorno (TR) em anos.	88
Figura 4. 20 – Taxa Interna de Retorno (TIR).....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1- Composição média da cana	3
Tabela 2. 2- Características do etanol hidratado e anidro.	7
Tabela 2. 3 - Análise econômica.....	37
Tabela 2. 4- Evolução da TJLP de 2008 a 2011 (a.a.).....	39
Tabela 4. 1- Produtividade da cana-de-açúcar	53
Tabela 4. 2- Consumo de energia em quilocalorias para o setor agrícola (Mão- de- obra).....	55
Tabela 4. 3- Utilização de equipamentos agrícolas	55
Tabela 4. 4- Energia na produção e Manutenção dos Equipamentos	57
Tabela 4. 5- Custos energéticos dos Equipamentos.....	57
Tabela 4. 6- Consumo de combustível nas operações agrícolas.....	59
Tabela 4. 7 - Taxas de aplicação e energia nos fertilizantes	61
Tabela 4. 8 - Custo energético para o Herbicida.....	62
Tabela 4. 9 - Energia nas edificações.....	64
Tabela 4. 10 - Consumo de energia em alguns tipos de produtos.....	65
Tabela 4. 11 - Energia na fabricação dos equipamentos industriais.....	65
Tabela 4. 12 - Custo energético da microdestilaria.....	66
Tabela 4. 13 - Consumo estimado de Energia fase Industrial.....	67
Tabela 4. 14 - Histórico do consumo de energia elétrica	68
Tabela 4. 15 - Consumo energético da lenha.	69
Tabela 4. 16 - Bagaço utilizado na propriedade.....	69
Tabela 4. 17 - Bagaço utilizado na propriedade.....	69
Tabela 4. 18 - Bagaço excedente	70
Tabela 4. 19- Energia no etanol hidratado produzido.	71
Tabela 4. 20- Consumo de energia, setor agrícola	72
Tabela 4. 21- Consumo de energia, setor industrial.	73

Tabela 4. 22 - Balanço Energético Geral (Setor agrícola)	74
Tabela 4. 23 - Balanço Energético Geral (Fase Industrial)	74
Tabela 4. 24 - Consumo e geração de energia na produção da cana e do etanol....	75
Tabela 4. 25 - Resultados produção/insumo vários estudos.	77
Tabela 4. 26 - Custo de montagem de uma microdestilaria de Etanol e Aguardente	78
Tabela 4. 27 - Custo de produção da cana de açúcar.	79
Tabela 4. 28 – Benefício líquido da aguardente e etanol produzido	79
Tabela 4. 29 - Histórico do consumo de energia elétrica microdestilaria	80
Tabela 4. 30 - Valores para a formação do canavial.....	81
Tabela 4. 31 - Quantidade e valor de montagem de uma microdestilaria de etanol hidratado.	82
Tabela 4. 32 - Quantidade e valor de montagem de uma microdestilaria de aguardente.	84
Tabela 4. 33 - Custos de montagem de uma microdestilaria de Etanol e Aguardente	86
Tabela 4. 34 - Produção combinada de aguardente e etanol.	87

LISTA DE SÍMBOLOS

ABRABE - Associação Brasileira de Bebidas

AMPAQ - Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

BEN – Balanço Energético Nacional

BEP – Barril Equivalente de petróleo

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Brix – Teor de sólido solúvel

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em economia aplicada.

CO₂ – Gás Carbônico

COGEN - Associação Paulista de Cogeração de energia.

COPERSUCAR - Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

Embrapa - A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ - Escola superior de agricultura “Luis de Queiroz”

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FRC – Fator de Recuperação de Capital

FVP – Fator de Valor Presente

°GL - (°GL= %V): quantidade em mililitros de álcool absoluto contida em 100 mililitros de mistura hidroalcoólica.

ha - Hectares

IBEN – Instituto Brasileiro de Bioenergia

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

1NPM - (%P= porcentagem de álcool em peso ou grau alcoólico INPM): quantidade em gramas de álcool absoluto contida em 100 gramas de mistura hidroalcoólica.

L – Litro

K₂O₂ – Oxido de Potássio

kcal – Quilocaloria

kg - Quilo

MJ – Mega Joule

MME - Ministério de Minas e Energia

P₂O₂ – Oxido de Fósforo.

PCI – Poder Calorífico Inferior

POF - Pesquisas de Orçamentos Familiares

Proálcool – Programa Nacional do Álcool

PV – Preço de Venda

SEAGRI – Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequena Empresa.

SO₂ – Enxofre

TC – Toneladas de cana

TIR – Taxa Interna de Retorno

TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TR – Tempo de Retorno do Capital

TWh – Terá Watts-hora

UNICA - União da Indústria de Cana de açúcar

VAL – Valor Anual Líquido

VL – Valor Líquido

VPL - Valor Presente Líquido

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os aspectos energéticos da produção do etanol combustível em microdestilarias como fonte de energia alternativa envolvendo as pequenas propriedades agrícolas com produção combinada de “aguardente”. Neste aspecto foi realizado um estudo de caso na pequena planta de etanol instalada na Agroindústria Fazenda Serra Grande, em Piranguinho, Sul de Minas Gerais, com o objetivo principal de analisar a viabilidade energética da produção do etanol em pequena escala. Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas: balanço energético e análise econômica. No primeiro, o objetivo foi analisar os fluxos de energia na produção do etanol, considerando a produção até processamento da cana de açúcar. Para cada tipo de operação principal, as entradas e saídas de energia foram identificadas, mensuradas ou avaliadas e convertidas à mesma base de energia, tomando como referência os dados de produção da microdestilaria estudada na qual permitindo calcular a relação produção/consumo para a produção do etanol neste contexto. Como resultado geral foi obtido à relação entrada/saída de energia de (5:1) unidades, o que significa um excedente de quatro unidades de energia para cada unidade de energia consumida. O balanço energético foi positivo, em princípio está confirmada a viabilidade energética da produção de etanol em pequenas destilarias. Na segunda parte, um estudo de viabilidade econômica de microdestilarias foi realizado em três cenários, indicando que: a) Taxa Interna de Retorno (TIR) de 45% e Payback de 2,6 anos para a produção somente de etanol, b) TIR 47% e Payback de 2,5 anos para produção de aguardente e c) TIR de 11% a 47% e Payback de 2,5 a 18 anos considerando produção combinada de etanol e aguardente. De acordo com este estudo, a produção de aguardente é economicamente mais interessante do que a do etanol. Este estudo também demonstrou que a produção de etanol é viável em termos energéticos e pode ser ambientalmente apropriada.

Palavras chave: Análise energética, Econômica, Etanol, Energia, Microdestilaria

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze energy aspects of fuel grade ethanol production in micro distilleries, in the context of small farms and with the simultaneous production of liquor (“aguardente”). An actual small ethanol plant installed in “Agro industrial Fazenda Serra Grande”, in Piranguinho, South of Minas Gerais, was evaluated in order to assess the energy feasibility of ethanol production in small scales. This work was separated in two parts: an energy assessment and economic study. In the first one, the aim was to analyze the energy flows in the production of ethanol, considering sugarcane production and processing. For each main operation, the energy and no-energy inputs and outputs were identified, measured or evaluated and converted to same energy base, taking as reference production data of micro distillery studied and allowing calculating the energy production/consumption ratio for ethanol production in this context. As an overall result, it was obtained an output/input energy ratio of (5:1), which means a surplus of four energy units for each unit of energy consumed. As the energy balance was positive, in principle is confirmed the energy feasibility of ethanol production in small distilleries. In the second part, an economic feasibility analysis of micro-distilleries was done in four scenarios, indicating that: a) 45% Internal Rate of Return (IRR) and 2.6 years as payback for the production of only ethanol, b) 47% IRR and 2.5 years payback for liquor production, and c) 11% to 47% IRR and 2.5 to 18 years for payback assuming mixed production of ethanol and liquor. According this study, the liquor production is economically more interesting than ethanol. This study demonstrated also that the ethanol production is feasible in energy terms and can be environmentally appropriated.

Key words: Energy analysis, Economic analysis, Ethanol, Micro distillery

1 - INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente e a diminuição das reservas petrolíferas ao longo das últimas décadas vêm gerando pressões sobre o uso dos combustíveis fósseis, considerados os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Devido a esses motivos, vários países estão buscando alternativas de substituição dessas fontes poluidoras por fontes renováveis. Atualmente, o etanol vem sendo considerado umas das melhores opções dentre as fontes de energia renovável, principalmente nos países desenvolvidos, onde o consumo de combustíveis automotivos é maior. Para a produção do etanol são utilizadas diversas matérias primas ricas em açúcar ou amido, como a cana de açúcar e o milho, que representam atualmente as alternativas mais adotadas nas plantas agroindustriais. No Brasil, o etanol é produzido essencialmente através da cana de açúcar, sendo considerada a segunda maior fonte de energia renovável do país com 12,6% da participação na matriz energética (EPE, 2010).

Historicamente, o etanol, no Brasil, começou a ser utilizado no início do século XX e se consolidou devido a diversos fatores como: a Lei nº. 737 de 1939 que obrigava a adição de etanol à gasolina, após as crises energéticas ocorridas entre 1973 e 1979 e o programa Proálcool do ano 1975, fator decisivo, que tinha como metas introduzir o etanol à gasolina e incentivar a fabricação de motores movidos 100% a etanol, este programa foi pioneiro no país, pois utilizava tecnologia, matéria prima, equipamentos e infra-estrutura totalmente brasileiros (UNICA, 2007).

Durante os anos oitenta, ocorreu a primeira grande expansão do uso de etanol para fins energéticos, sendo desenvolvidas unidades agroindustriais capazes de produzir 120 mil litros de etanol por dia, processando aproximadamente 1.500 toneladas de cana de açúcar por dia. Apareceram várias propostas para difusão das denominadas microdestilarias capazes de operar em menor escala (até cinco mil litros por dia), compensando a menor produtividade com a importante diversificação e a integração das atividades rurais.

Deve-se ressaltar que o sistema produtivo do etanol brasileiro utilizando a cana como matéria prima é o de maior produtividade mundial, cada hectare produz de 7 a 9 mil litros de etanol (grandes usinas), comparando com os Estados Unidos, país em que o etanol é produzido do milho, cada hectare produz em média 3,2 mil

litros. O etanol brasileiro apresenta também um elevado saldo no Balanço Energético, com índices produção/consumo, variando de 8 a 12, ou seja, para cada unidade de energia consumida para a produção do etanol combustível, consegue-se obter até 10 unidades de energia produzida, conforme Seabra (2009).

Além das vantagens energéticas, a produção de etanol de cana de açúcar apresenta um interesse potencial em projetos de inclusão social, bem como vantagens econômicas e ambientais com relação aos derivados de petróleo. Dessa maneira o etanol brasileiro é fabricado com menor custo quando comparado ao etanol americano, colocando o nosso País em posição de destaque do ponto de vista tecnológico e produtivo dessa energia alternativa.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Esse trabalho visa analisar a produção e consumo de energia no processo de fabricação do etanol combustível em pequenas destilarias com capacidade de até 5.000 litros/dia, bem como avaliar economicamente e energeticamente a produção de etanol, aguardente e subprodutos nessas unidades.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Efetuar comparações energéticas e econômicas entre produção de etanol combustível e aguardente proveniente de pequenas destilarias e engenhos com os sistemas de maior escala;
- Levantar dados de investimento e operação em pequenas destilarias e engenhos operando no Sul de Minas Gerais;
- Analisar a viabilidade econômica da implantação de pequenas unidades produtoras de etanol em propriedades rurais, considerando o uso de subprodutos e a integração com outras atividades produtivas.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo abordam-se a matéria prima utilizada (cana de açúcar), os subprodutos obtidos a partir da mesma entre outros aspectos importantes para o desenvolvimento do balanço energético e econômico referentes ao estudo.

2.1 - Cana de açúcar

A cana-de-açúcar pertencente à família das gramíneas (*Saccharum officinarum* L.) é cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. Excelente conversora fotossintética, a cana é uma planta de alta eficiência energética na captura e armazenamento de energia solar: cada tonelada tem um potencial energético equivalente a 1,2 barris de petróleo (Oliveiro, 2004). Depois de cultivada, a cana demora um ano e meio para ser colhida (ponto de maturação ótimo) e processada pela primeira vez, podendo ser realizado de forma manual ou mecânica, rebrotando e usualmente sendo colhidos mais cinco vezes (cana-soca), devendo ser utilizados alguns tratos culturais para manter a produtividade em níveis competitivos.

A composição média dessa cultura é representada na Tabela 2.1. Entre as substâncias encontradas na cana-de-açúcar, a mais importante é a sacarose, que é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.

Tabela 2. 1- Composição média da cana

Composição	Teor (%)
Água	65 – 75
Açúcares	11 – 18
Fibras	8 – 14
Sólidos Solúveis	12 – 23

Fonte: Nogueira, 1987.

No Brasil, a cana é a base para a produção de açúcar, etanol e outros subprodutos e sua produção tem crescido muito nestes últimos anos, como representado na Figura 2.1 e na figura 2.2 e apresentado a evolução e produtividade. Na última safra, 2009/2010, a produção brasileira foi de mais de 624 milhões de toneladas, crescendo 50,6% em comparação à safra de 2002/2003, 316 milhões de toneladas (UNICA 2011). Este crescimento da produção não é devido

somente ao aumento territorial das plantações, mas também conseqüência de pesquisas e tecnologias desenvolvidas para o aumento da produtividade da cana por hectare cultivado (MAPA, 2010).

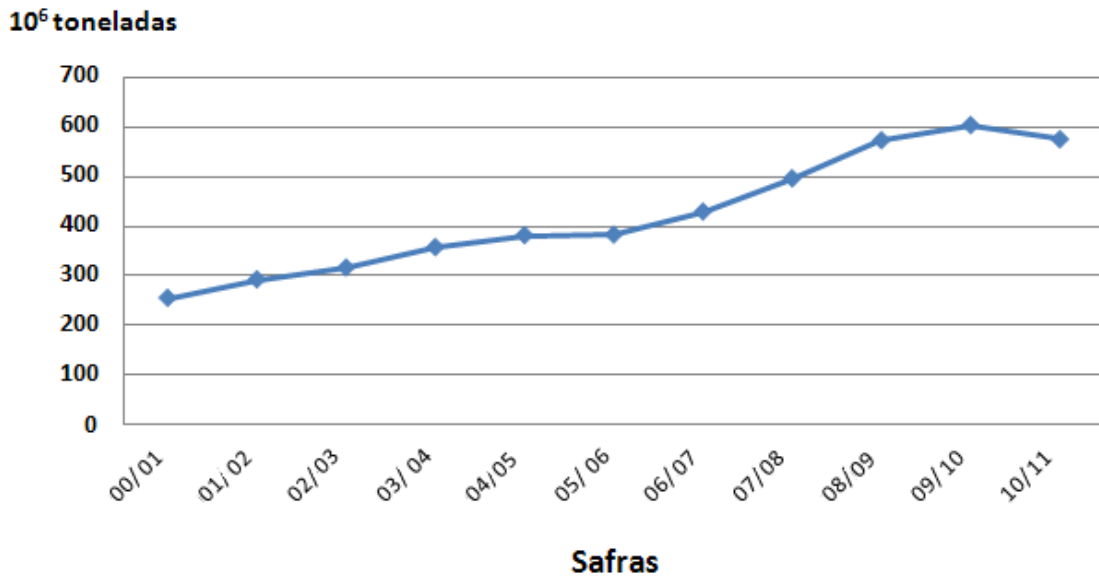


Figura 2. 1- Evolução da produção da cana de açúcar no Brasil.
Fonte: MME, (2011)

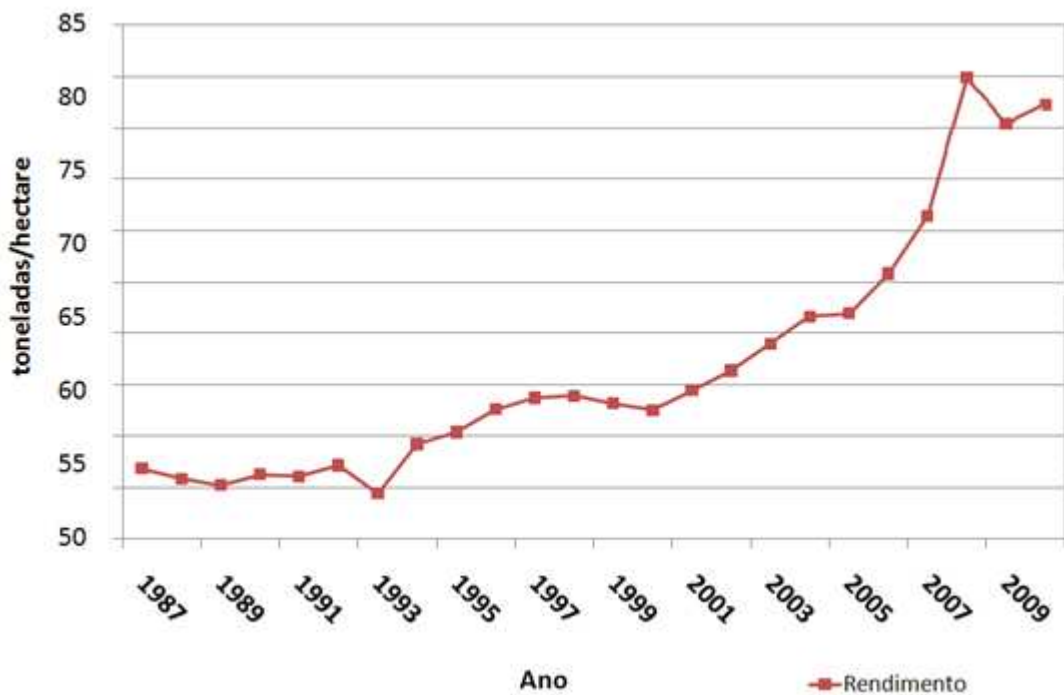


Figura 2. 2- Evoluções da produtividade (tonelada/hectare) da cana de açúcar no Brasil.

Fonte: MAPA, 2011

2.1.1 - Produtos e subprodutos obtidos da cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar é matéria-prima de grande flexibilidade, com ela é possível produzir vários tipos de produtos e diversos subprodutos de grande importância energética e econômica. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (Embrapa, 2010a), esta matéria-prima gera, assim como o petróleo, diversos números de produtos, com importante diferencial: são biodegradáveis e não ofensivos ao meio ambiente. Na Figura 2.3 se apresenta um esquema com os produtos e subprodutos obtidos a partir da cana.

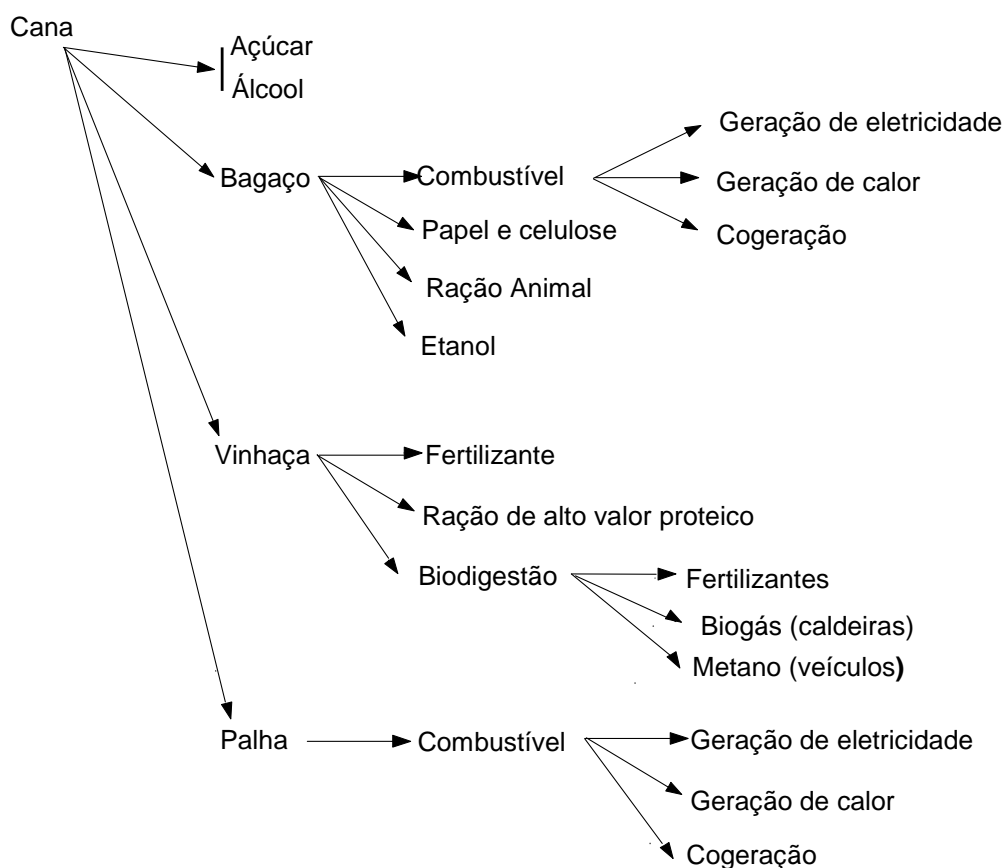


Figura 2.3 - Cana de açúcar produtos e subprodutos.

Fonte: Embrapa (2008a)

2.2 - Etanol

O etanol, em uma definição simples é um produto incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água, produzido pela fermentação de açúcares, contido em produtos naturais como cana-de-açúcar, uva e beterraba ou resultado da sacarificação do amido contido em cereais e tubérculos. O etanol (C_2H_5OH) é composto por dois átomos de carbono, cinco átomos de hidrogênio e uma hidroxila, contendo aproximadamente 35% de oxigênio em sua composição. Como o etanol resulta de matérias primas vegetais que absorvem gás carbônico (CO_2) em seu crescimento, dependendo da produtividade, a emissão líquida desse gás pode ser muito baixa em comparação aos combustíveis fósseis.

O teor de etanol presente em uma determinada mistura é expresso em graus Gay-Lussac ($^{\circ}GL$) ou em Índice Nacional de Pesos e Medidas (INPM). A escala, chamada de “graus Gay-Lussac”, corresponde à quantidade em mililitros de álcool absoluto contida em 100 mililitros de mistura hidroalcoólica. No caso do uso do etanol hidratado como combustível, por lei, o mesmo deve estar entre 93,2 $^{\circ}GL$ e 93,8 $^{\circ}GL$. Já o 100 $^{\circ}GL$ é chamado de etanol absoluto ou etanol anidro (anidro = totalmente seco) (ESALQ, 2009).

A escala INPM ou grau alcoólico INPM corresponde à porcentagem de etanol em peso em uma mistura hidroalcoólica. Com esse parâmetro, sabe-se sempre a massa real de etanol independente da temperatura em que se encontre. A Norma Brasileira (NBR) 5992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas prescreve o método para determinação da massa específica e do teor alcoólico do etanol e suas misturas com água (Oliveira, 2006).

Atualmente, o Brasil produz dois tipos de etanol: o hidratado, que atende a demanda da indústria de bebidas e de combustíveis (devido seu baixo custo é mais indicado na substituição da gasolina), e o anidro para atender a demanda da indústria química e também utilizada como aditivo a gasolina, conforme ESALQ (2009). Na Tabela 2.2 são apresentadas algumas características do Etanol hidratado e anidro, tais como: peso molecular, densidade e relação estequiométrica.

A utilização do etanol para fins veiculares teve início no final do século XIX, com o advento dos automóveis com motor de combustão interna utilizando o ciclo Otto. Na primeira metade do século XX o etanol perdeu espaço para os

combustíveis fósseis para atender a demanda automobilística devido à produção crescente de petróleo a preços baixos, contudo com as crises do petróleo em 1973 e 1979 se retomaram os estudos e sobre novas fontes alternativas e renováveis de energia, as chamadas fontes limpas, com destaque para a Bioenergia.

Tabela 2. 2- Principais características do etanol hidratado e anidro.

IDENTIFICAÇÃO		
	Etanol anidro	Etanol Hidratado
NOME	Etanol Etílico Anidro	Etanol Etílico Hidratado Combustível
SINÔNIMOS	Etanol Etílico Anidro, Etanol Anidro, AEAC	Etanol, Etanol Hidratado, AEHC
CAS	Etanol (CAS 64-17-5): MÍN. 99,3% (P/P)	Etanol (CAS 64-17-5): MÍN. 92,6 - 93,8 % (P/P)
Nº ONU	1170	1170
CLASSE DE RISCO	3	3
NATUREZA QUÍMICA	Solvente Orgânico	Solvente Orgânico
PROPRIEDADE FÍSICO-QUÍMICAS		
DENSIDADE	0,7915	0,8093
PRESSÃO DE VAPOR	5,9 Pa (44 mmHg) a 20 °C	0,13 kgf/cm ² a 37,8 °C
SOLUBILIDADE	Solúvel	Solúvel
TEMPERATURA DE AUTO-IGNIÇÃO	423 °C	> 400 °C
VISCOSIDADE	1,22 cP A 20 °C	1,20 cP a 20 °C
INFLAMABILIDADE		
PONTO DE FULGOR	13 °C	15 °C

Fonte: EAR (2010)

A história do etanol no Brasil acompanha todo o desenvolvimento do Ciclo Otto, desde sua descoberta na Alemanha no final do século XIX como combustível. Neste mesmo período Henry Ford utilizou experimentalmente o etanol em seus primeiros carros. Mas seu uso regular e legalizado aconteceu de modo pioneiro no Brasil a partir dos anos trinta do século XX, como maneira de reduzir a importação da gasolina e utilizar excedentes da produção da agroindústria canieira (MME, 2006).

Nessa época, a legislação obrigava uma mistura de 5 a 10% do etanol na gasolina, dependendo da região e das disponibilidades do produto. Com efeito, entre 1931 e 1975, o teor médio de etanol na gasolina brasileira foi de aproximadamente 7.5% (Nogueira, 2008). Em 1975, quando Brasil importava 77% de sua demanda de combustíveis, gastando com isso um volume apreciável de divisas, o governo

brasileiro reintroduziu o etanol carburante como uma reação ao “choque do petróleo” que havia elevado significativamente os preços desse combustível fóssil, criando o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), mediante o decreto 76.593, de 14/11/1975, firmado pelo presidente Geisel.

Esse programa atuou basicamente de três maneiras: concedendo forte suporte para investimentos em destilarias, garantindo uma demanda ao estabelecer a obrigatoriedade de um teor mínimo de etanol na gasolina e definindo um preço de compensação para os produtores. A partir desse programa, o emprego do etanol como componente da gasolina foi incrementado, passando toda a gasolina vendida no Brasil a conter entre 20 a 25% de etanol, mantido esse percentual até os dias atuais (IBGE, 2006) e (MME, 2006). Além disso, foram desenvolvidos veículos com motores a etanol hidratado, que chegaram a representar 85% da frota em circulação no final dos anos oitenta (UNICA, 2007).

No final da década dos anos 90, o programa Proálcool foi extinto pelo governo e a partir de 1997 o Estado foi eliminando progressivamente os mecanismos de suporte, até alcançar 2002 à plena liberdade na fixação dos preços e definição dos volumes de produção, sem subsídios, embora permaneça uma política tributária ativa, que grava de forma mais atenuada o etanol comparativamente à gasolina. Desse modo, a produção etanol combustível representa hoje um programa energético consolidado, que superou a etapa de suporte fiscal, e na atual conjuntura dos preços e custos desenvolve-se e expande-se sustentavelmente (Biodieselbr, 2008).

2.2.1- Produção de etanol

A produção brasileira de etanol combustível (anidro e hidratado) vem apresentando um vigoroso crescimento, tendo início na safra de 2000/2001, conforme mostrado na Figura 2.4.

Na Figura 2.5, elaborada a partir dos dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2008), temos a evolução da produção e do valor do etanol pago aos produtores ao longo dos últimos anos, ficando evidente a manutenção da produção mesmo durante os anos em que os preços do petróleo estiveram mais baixos e a relevante redução de preços, resultante do contínuo

aperfeiçoamento das práticas agroindustriais e da incorporação de tecnologias mais eficientes.

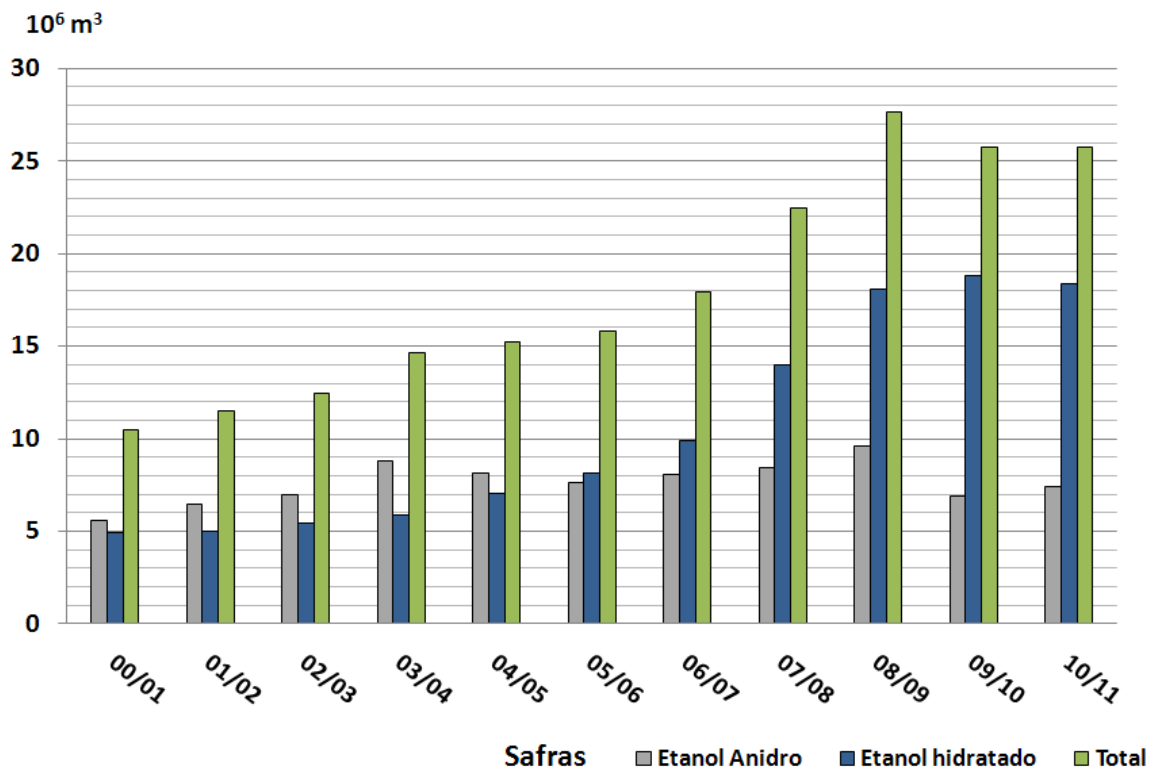


Figura 2. 4 - Evolução da produção de etanol anidro e hidratado no Brasil.
Fonte: MAPA, 2011

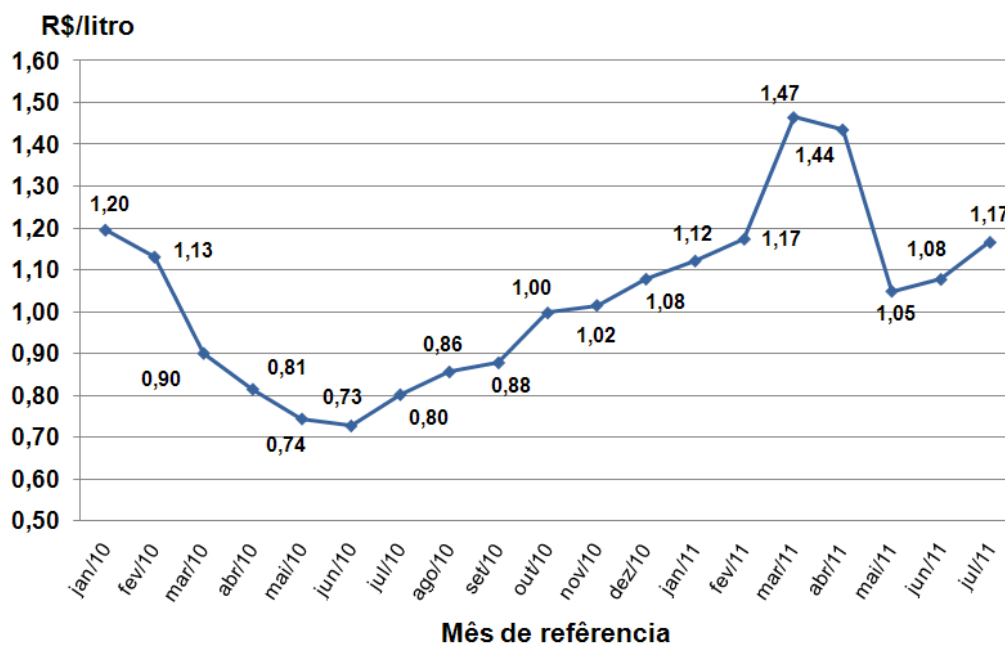


Figura 2. 5 - Evolução dos preços do etanol no Brasil (2010/2011).
Fonte: (CEPEA, 2011)

A atual produção brasileira de etanol, equivalente aproximadamente a 18 bilhões de litros/ano (MME, 2010), é consumida basicamente pelos veículos nacionais e representa 40% do mercado de combustíveis para motores do ciclo Otto, utilizado em automóveis, motocicletas e camionetes. Toda a frota brasileira de veículos leves emprega o etanol, em mistura com gasolina nos 18 milhões de carros ou com etanol puro em 3,5 milhões de carros preparados para este bicomcombustível, inclusive por meio da tecnologia moderna “flex-fuel”, lançada em 2003 e que permite ao proprietário abastecer seu veículo com qualquer proporção de etanol hidratado ou gasolina (ANFAVEA, 2010).

Nos últimos anos, em função da expansão do mercado interno do etanol (principalmente devido ao surgimento dos motores “flex-fuel” em meados de 2003) e das condições atrativas do mercado externo, tem havido uma importante retomada nos investimentos produtivos.

Para as condições típicas do Brasil, estima-se que os custos de produção do etanol seja aproximadamente 0,35 US\$/litro, dos quais cerca de 60% correspondem à matéria prima. Considerando apenas os investimentos agroindustriais, portanto sem incluir os custos de formação do canavial, uma usina capaz de processar um milhão de toneladas de cana durante uma safra de 180 dias úteis e produzindo cerca de 450 milhões de litros diários de etanol, custa cerca de 60 milhões de dólares. Sob estas condições, o preço de paridade do petróleo, a partir do qual é interessante economicamente produzir o etanol, deve estar numa faixa de 30 a 35 US\$/barril (ANFAVEA, 2010).

2.3 - Aguardente

A aguardente é definida como uma bebida de teor alcoólico elevado, obtida pela destilação do caldo da cana, do vinho, do bagaço de uvas, de cereais, raízes tubérculos frutos e outros produtos vegetais doces depois de fermentado, (Dicionário HOUAISS, 2001).

De acordo com a Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade (AMPAQ, 2011), a aguardente é uma bebida com graduação de 38% a 54% de volume de álcool/volume de água à temperatura de 20°C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, em alambique de cobre, sem

adição de açúcar, corante ou outro ingrediente qualquer. A seqüência de produção da aguardente segue as seguintes denominações:

- **Cabeça:** é a primeira a se condensar, parte imprópria para o consumo humano por conter o teor excessivo de álcool.
- **Coração:** é a parte destilada de mais ou menos 80% do volume total e corresponde a parcela considerada para uso.
- **Cauda, rabo ou água fraca,** é produzido nos estágios finais da destilação, geralmente imprópria para o consumo por conter muito óleo e substâncias tóxicas,

Legalmente, para que um produto receba a denominação de aguardente, aguardente de cana ou caninha, deve-se obedecer aos parâmetros estabelecidos pelo Decreto nº 2314, de setembro de 1997, que regulamenta a padronização e classificação de bebidas. Esse decreto especifica que essas bebidas utilizam a cana-de-açúcar como matéria-prima e apresentam graduação alcoólica entre 38% e 54% em volume, a 20°C, podendo ainda ser acrescida açúcar em até seis gramas por litro e adicionada de caramelo para correção de cor. Quando a adição de açúcar for superior a seis e inferior a 30 gramas por litro o produto deve receber a denominação de aguardente adoçada, caninha adoçada ou aguardente de cana adoçada.

2.4 - Subprodutos da indústria sucroalcooleira

No processamento da cana, se aproveita praticamente tudo: bagaço, méis, torta, vinhaça e resíduos de colheita. Estes subprodutos podem ser utilizados na alimentação humana e animal, como fertilizantes e para a produção de energia, destacando-se:

- **Bagaço:** Resíduo fibroso da extração do caldo pelas moendas. A quantidade produzida depende do teor de fibra da cana processada, apresentando em média 46% de fibra e 50% de umidade, resultando aproximadamente, em 280 quilos de bagaço por tonelada de cana processada. Pela proporção em que é produzido e devido à sua composição é um dos mais importantes subprodutos para a indústria sucroalcooleira. Suas principais aplicações são: combustível para caldeira, produção de celulose, alimentação de gado confinado, produção de diversos tipos de papéis,

fármacos e para a síntese de compostos orgânicos com grande número de aplicações na indústria química e farmacêutica, (Embrapa, 2010);

- **Melaço**, Além da produção do etanol e bebidas, a indústria química, farmacêutica e de cosméticos utiliza-o para extração de levedura, mel, ácido cítrico, ácido láctico, glutamato monossódico;

- **Torta de filtro**, Resíduo da filtração mecânica do lodo na fabricação do açúcar e também na do etanol direto, quando o caldo é submetido ao tratamento de clarificação. A torta de filtro é produzida na proporção de 20 a 40 quilos por tonelada de cana, apresentando em média 75% de umidade e é utilizada como fertilizante (rica fonte de fósforo);

- **Etanol**: Pode ser utilizado na fabricação do polietileno, estireno, acetaldeído, poliestireno, ácido acético, éter, acetona e toda a gama de produtos que se extraem do petróleo. Seu variado uso inclui a fabricação de fibras sintéticas, pinturas, vernizes, vasilhames, tubos, solventes e plastificantes;

- **Óleo fúsel**: Constituído de alcoóis (etanol etílico e superiores), furfurool, aldeídos, ácidos graxos entre outros. O óleo fúsel é produzido na proporção de 0,05 a 0,2 litros para 100 litros de álcool, apresentando uma composição variável em função da natureza e qualidade da matéria-prima, bem como da qualidade do etanol produzido. É matéria-prima para processamento de refinação, de onde se extraem alcoóis com diversos graus de pureza e obtêm-se outras substâncias químicas, como por exemplo, solventes, (EMBRAPA, 2009);

- **Vinhaça**: Resíduo da destilação do vinho. Sua produção é normalmente relacionada à do álcool, variando na proporção de 12 a 18 litros de vinhaça por litro de álcool, dependendo da natureza da matéria-prima processada. Suas principais aplicações são para a alimentação de animais, produção de proteínas (biomassa), produção de metano e fertilização de solos, sendo esta última a mais utilizada;

- **Levedura seca**: Obtida da secagem de uma parte do leite de levedura sangrado no processo de condução da fermentação. A levedura seca, que é produzida na proporção de 2,5 quilos para 100 litros de álcool, possui em sua composição 35% de proteína e alto teor de vitaminas do complexo B, encontrando aplicação especialmente na composição de rações animais, (Embrapa, 2010).

2.5 – O Mercado brasileiro de bebidas alcoólicas

O mercado de bebidas no Brasil mistura tradições centenárias e pequenas companhias familiares, destilarias de grande porte, companhias globais que atendem a centenas de países, distribuidores independentes, exportadores e importadores. Esse setor promove intensa atividade econômica, estimando-se que atualmente sua cadeia produtiva apresente em torno de R\$ 2 bilhões de faturamento e responda por 60 mil empregos diretos e outros 240 mil empregos indiretos. Na Figura 2.6 se apresenta a divisão do mercado de bebidas no Brasil, segundo sua associação setorial, a Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE, 2009),

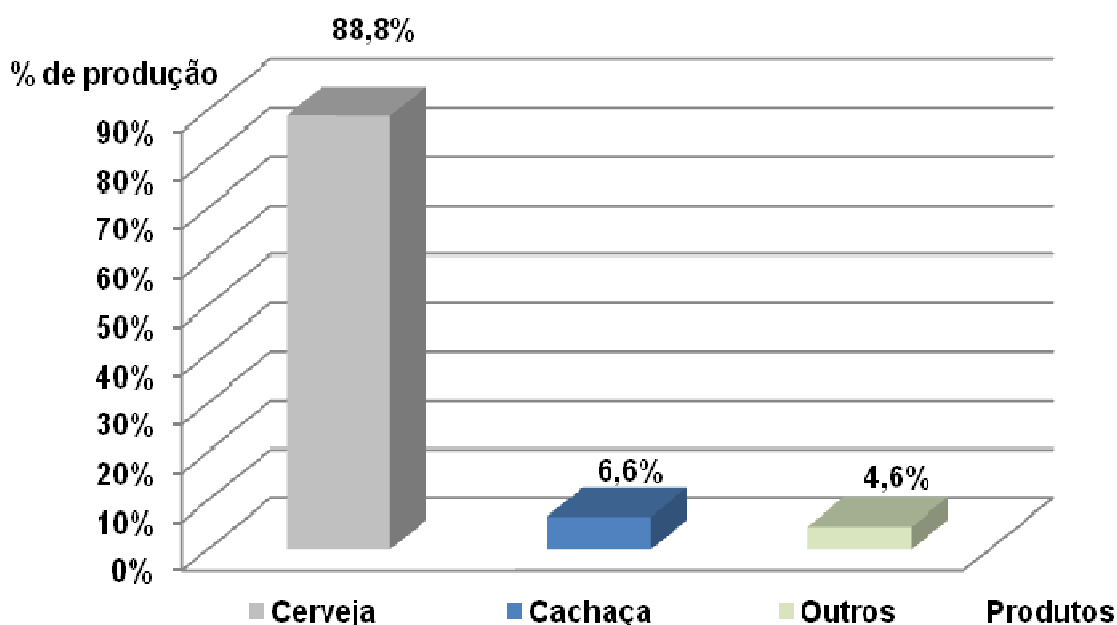


Figura 2. 6 - Mercado de bebidas alcoólicas no Brasil

Fonte: ABRABE, 2011.

A aguardente é a segunda bebida alcoólica mais consumida no Brasil, estimando-se seu consumo em cerca de 1,3 bilhões de litros por ano. Deste volume, 30% têm origem artesanal, com 25 mil produtores. São Paulo se destaca como o maior produtor de aguardente industrial e Minas Gerais como o quarto produtor nacional e o mais especializado na produção de aguardente artesanal. Com efeito, esse estado é considerado o pólo da produção de aguardente artesanal de alta qualidade do país, com cerca de 8.500 produtores, com uma produção de aguardente que alcança 200 milhões de litros por ano, movimentando R\$ 1,5 bilhão só com o mercado interno, gerando cerca de 150 mil empregos, (SEBRAE, 2010).

Observe-se que esses últimos valores parecem elevados em comparação aos números apresentados para a produção nacional.

Entre as bebidas destiladas, o consumo de aguardente ou cachaça ocupa a primeira posição no país, com mais de 87% do mercado, conforme Figura 2.7.

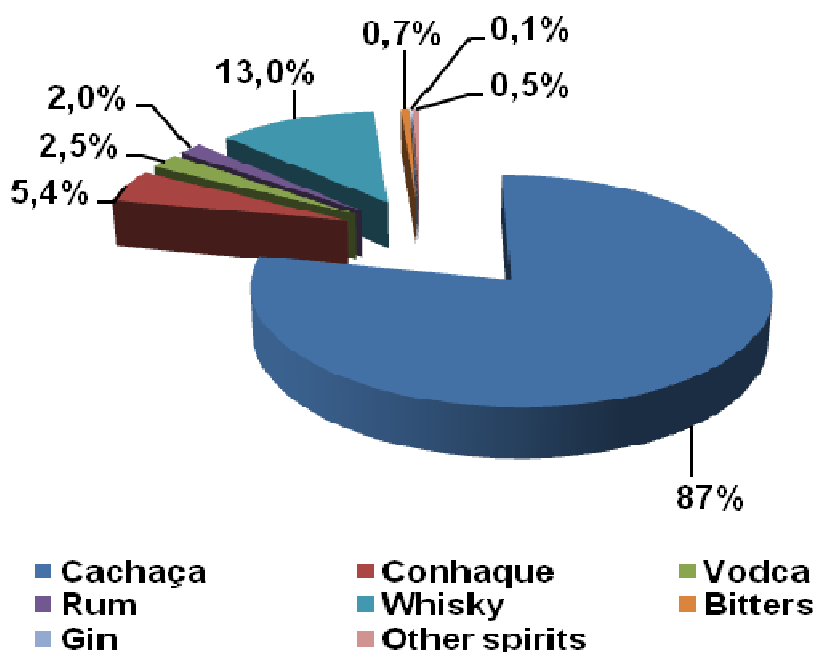


Figura 2.7 - Mercado de bebidas destiladas no Brasil

Fonte: SEBRAE (2010).

Conforme a Pesquisa de Orçamentos Domiciliares (POF), realizada pelo IBGE (2007), em que se avaliou a aquisição dos produtos no período compreendido entre 2002 e 2003 em função da renda dos domicílios, a média de aquisição domiciliar per capita de aguardente ficou na faixa de 216 ml, com maior concentração para a faixa de renda entre 400 e 600 reais, com aquisição média de 304 ml.

Entre os anos de 1993 e 2003, observou-se uma queda no consumo de aguardente, em média 13% e uma recuperação de 5,9% entre 2003 e 2006. Esse aumento refere-se exclusivamente ao crescimento vegetativo. Quanto aos volumes *per capita* adquiridos (1993 a 2003), a única região que cresceu comparativamente foi a Centro-Oeste; as demais observaram queda. A região Sul ainda é a de maior consumo *per capita* comparativamente, com 316 ml/ano.

O processo de produção da aguardente envolve várias etapas importantes, desde a seleção da variedade da cana, plantio, colheita, moagem, filtragem, fermentação, destilação, armazenamento, envelhecimento até o engarrafamento e rotulagem do produto, e em cada uma delas existem pontos críticos que podem ser decisivos para resultar em produtos de maior qualidade intrínseca e percebida. Os aspectos mais importantes de algumas das etapas de produção são:

- **Moagem:** O tempo ideal para moagem da cana é de até 12 horas após o corte, não devendo nunca ultrapassar 48 horas.

- **Filtragem:** Processo para a eliminação de impurezas, restos de bagaço e de terra.

- **Decantação:** Processo utilizado para eliminar outras impurezas e separação da espuma. Neste processo é utilizado um decantador em conjunto com coador para decantação e filtragem do caldo.

- **Fermentação:** O caldo da cana pode apresentar teores diferenciados de açúcar em função do tipo de cana utilizado, sendo recomendada a correção da concentração de açúcar por volta de 15º Brix, que é ideal para fermentação. Nesse processo é produzido o vinho de cana com baixa concentração de etanol.

- **Destilação:** Para elevar a concentração alcoólica da bebida, o líquido é destilado dentro de um alambique.

- **Envelhecimento:** A fim de aprimorar o sabor e o aroma da aguardente, atribuindo-lhe característica de uma bebida com maior valor agregado realiza-se o processo de envelhecimento; que desejavelmente deve ser feito em barris de madeira, que permitem alterações desejadas na cor, no aroma ou no sabor.

- **Engarrafamento e Rotulagem:** Findo o tempo de envelhecimento da bebida, a aguardente será engarrafada. Normalmente são utilizadas garrafas de 600 ml ou de 1 litro de vidro ou de cerâmica, que são fechadas com rolha, tampa metálica ou conta-gotas. Em seguida, o vasilhame é rotulado e pode ser destinado à comercialização.

A Figura 2.8 resume o processo geral de produção da aguardente.

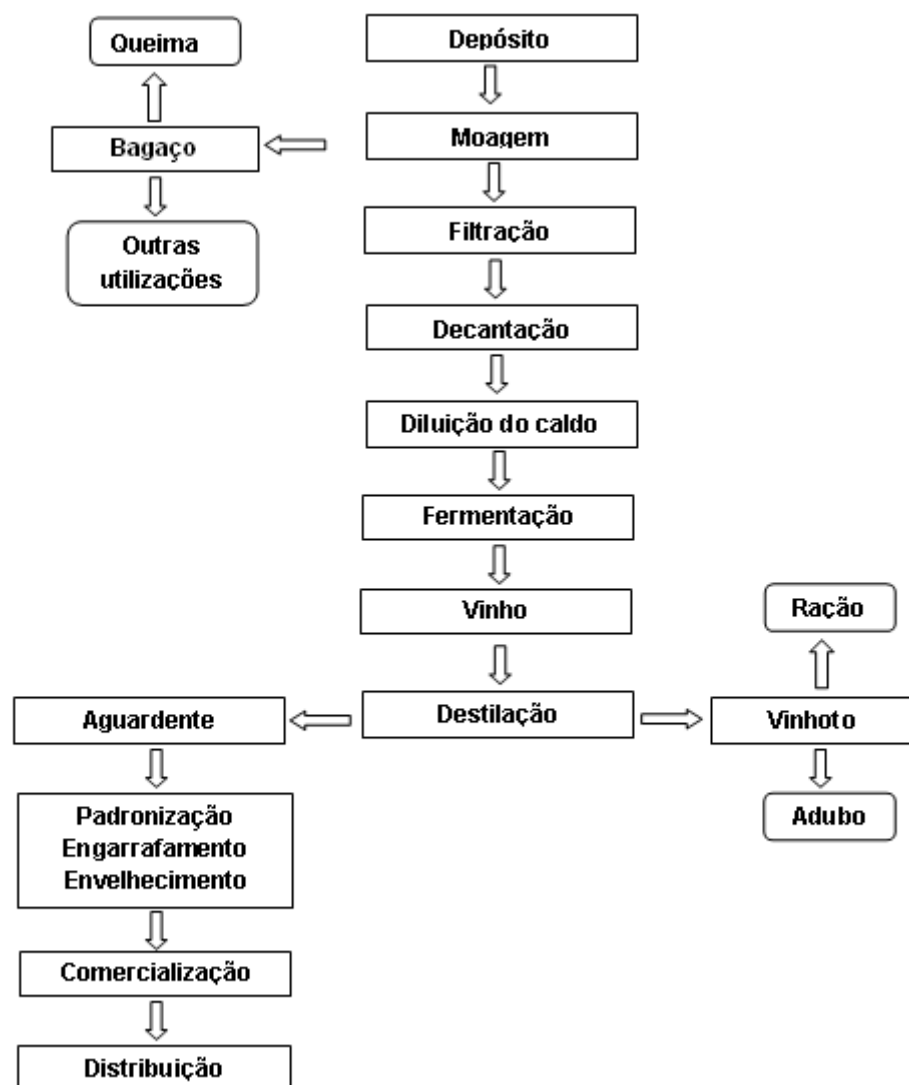


Figura 2. 8 - Processo Geral da produção da aguardente

Fonte: SEBRAE (2010).

2.6 - Microdestilarias

Conforme a definição indicada na Lei nº. 15.456 do dia 12/01/2005, Anexo A, do Estado de Minas Gerais, que regulamenta a produção, distribuição e a venda de etanol combustível produzidos por pequenos produtores, microdestilarias são unidades capazes de produzir etanol a volume mínimo de 96%, com uma capacidade máxima de processar cinco mil litros etanol por dia. Essa lei criou

também uma Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias de Etanol e Beneficiamento de Produtos Derivados da cana-de-açúcar.

2.6.1 - Definições e processo de destilação

Destilação é o método de separação baseado no fenômeno de equilíbrio, líquido-vapor de misturas. Em termos práticos, quando temos duas ou mais substâncias formando uma mistura líquida, a destilação pode ser um método adequado para purificá-las, bastando apenas que tenham volatilidades razoavelmente diferentes entre si. Um exemplo de destilação que tem sido realizado desde a antiguidade é a destilação de bebidas alcoólicas. A bebida é feita pela condensação dos vapores de etanol que escapam mediante o aquecimento de um mosto fermentado. Como o teor alcoólico na bebida destilada é maior do que o presente no mosto caracteriza-se aí um processo de purificação, segundo a Figura 2.9.

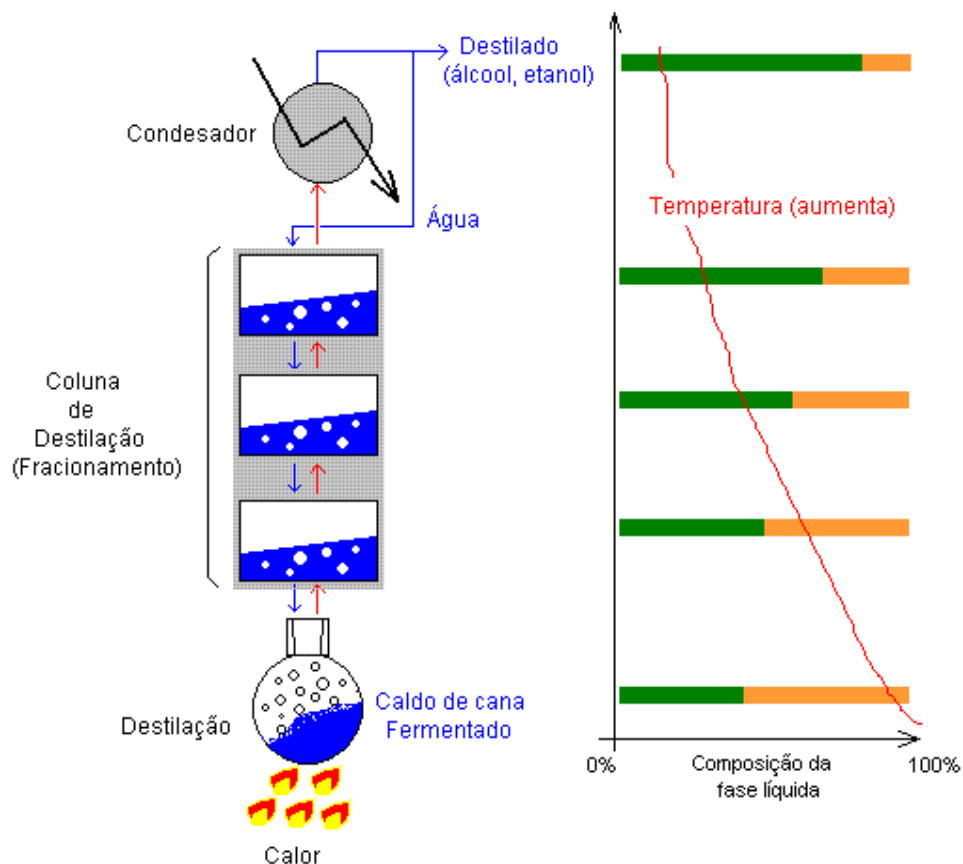


Figura 2.9 - Processo de destilação.

Fonte: Wikipédia, 2011.

2.6.2 - Etapas e definições da produção do etanol em pequena escala

Para a produção do etanol, diversas matérias primas ricas em açúcar ou amiláceas podem ser utilizadas, tais como, o milho, a cana de açúcar (Figura 2.2), trigo, beterraba, mandioca e da celulose extraída da madeira principalmente dos eucaliptos. Mas apenas focaremos o caso da cana-de-açúcar, por ser uma planta abundante em nosso país, além de possuir uma produtividade muito alta e ser uma matéria prima simples e eficiente na produção do etanol. Segundo a Embrapa (2010), as etapas básicas de produção de etanol seguem os seguintes processos (as fotos apresentadas se referem à unidade estudada no presente trabalho):

- Preparação da cana (entrada): Após o corte a cana deve ser utilizada em um período máximo de 24 horas. Se a cana ultrapassar este período, o teor de sacarose diminui significativamente.
- Extração: Pode ser realizada através de dois processos, moagem e difusão. Na moagem a forma mais tradicional é moer ou esmagar a cana (Figura 2.6). Na difusão os difusores (por onde o suco da cana é extraído em uma solução de água em uma determinada temperatura) representam uma produtividade mais elevada à capacidade típica destes equipamentos, que está entre 2 a 5 toneladas / hora. Neste processo obtém-se:
 - Caldo de cana (garapa) que é destinado à produção do etanol,
 - Bagaço e bagacilhos que podem ser utilizados como alimento animal e incinerados em caldeiras para geração de vapor (Figura 2.10 e 2.11).



Figura 2. 10 - Extração do caldo da cana.
Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)



Figura 2. 11 - Bagaço gerado
Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

- Mosto: Em um tanque, o caldo (garapa) extraído é padronizado antes da fermentação. Ou seja, o processo irá ajustar o Brix do caldo (Figura 2.12).



Figura 2. 12 - Dornas de diluição

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

- Decantação: É o um processo de separação que permite separar misturas heterogêneas de sólidos com líquidos (Figura 2.13).



Figura 2. 13 - Decantador (Parte inicial).



Figura 2. 14 - Decantadores (Parte Final)

Fonte: Agroindustrial Serra Grande, 2010

- Fermentação: O processo deve ser realizado em tanques esterilizados, com decantação e como uma posterior recuperação do fermento para que possa ser utilizada em outras sucessivas fermentações. Nesta parte, ainda ocorre o tratamento do caldo com ácido sulfúrico para evitar a contaminação por bactérias. A adição de nutrientes, como o sulfato de amônia e uréia, também deve ser considerada. O índice dos açúcares no suco, nesta fase, pode variar Brix de 14 a 22, e caso haja necessidade, pode-se usar água para o ajuste do Brix (Figura 2.14 e 2.15).



Figura 2. 15 - Dornas de fermentação
Fonte: Agroindustrial Serra Grande, 2010



Figura 2. 16 - Fermentação em andamento
Fonte: Agroindustrial Serra Grande, 2010

- Destilação: Realizada uma coluna de destilação (Figura 2.16), que permite separar o vinho do etanol. O vinho que vem da fermentação possui, em sua composição, 7° a 10°GL (% em volume) de etanol, além de outros componentes de natureza líquida, sólida e gasosa. Dentre os líquidos, além do etanol,

encontram-se a água com teores de 89% a 93%, glicerina, álcoois homólogos superiores, aldeído acético, entre outros, em quantidades bem menores. Já os sólidos, são representados por bagacilhos, leveduras, bactérias, açúcares não-fermentescíveis, sais minerais e outros, e os gasosos, principalmente pelo CO₂ e SO₂ (Figura 2.16).



Figura 2. 17 - Microdestilador de etanol hidratado

Fonte: Agroindustrial Serra Grande, 2010

2.6.3 - Utilizações do etanol produzido por Microdestilarias

Segundo o Instituto Brasileiro de Bioenergia (IBEN 2009), o etanol produzido por estas destilarias podem gerar autonomia energética na propriedade rural, tanto para a agricultura familiar quanto para fazenda de grande extensão. Além da

autonomia energética, o etanol pode ser comercializado através de distribuidoras de combustíveis legalmente instaladas em território nacional ou destinados para o mercado externo (etanol anidro).

Na propriedade rural, este combustível produzido pode ser utilizado nas seguintes maneiras:

- Carros movidos a etanol;
- Produção de energia elétrica (Geradores acoplados com motores alimentados com etanol);
- Equipamentos agrícolas para pulverização e irrigação agrícola;
- Fogão a etanol;
- Transporte de produtos;
- Adição na produção do biodiesel (etanol anidro).

Além da produção de etanol a partir da cana de açúcar, esta gera alguns tipos de resíduos sólidos, líquidos e subprodutos, sendo possível a utilização destes em:

- Resíduo sólido (Bagaço):
 - ✓ Utilizado na alimentação de animais após ser triturado;
 - ✓ Aproveitado como adubação orgânica na cobertura de solo, bastando espalhá-lo nas lavouras, reduzindo o custo de recuperação do solo e aumentando a sua produtividade;
 - ✓ Como combustível no processo de destilação do etanol eliminando a necessidade da utilização de lenha, bem como qualquer outro tipo de fonte primária de energia.
- Resíduo em forma líquida (vinhoto):
 - ✓ Utilizado como complemento na alimentação de animais;
 - ✓ Transformado em fertilizante, permitindo ao agricultor minimizar seus custos de produção além de reduzir o gasto com fertilizantes químicos.
- Subprodutos

Durante o processo de produção de etanol combustível, são gerados dois subprodutos importantes: o etanol desinfetante e a aguardente de cana. Tanto o

etanol desinfetante como a aguardente podem ser destinados para a venda, aumentando a renda dos pequenos proprietários.

2.7 - Análise Energética

A análise energética é definida como o estudo dos fluxos energéticos envolvidos em um sistema produtivo, permitindo determinar a quantidade de insumos energéticos requeridos à produção de algum bem, assim como identificar e localizar perdas energéticas. A essência da análise energética é ser uma ferramenta descritiva que visa mostrar os fluxos energéticos dentro de um sistema sem mencionar a finalidade da análise em si (Nogueira, 1987).

2.7.1 - Conceitos de Análise Input-Output

A análise *Input-Output* é definida como a proporção de energia usada na produção de uma unidade energética de combustível renovável e seus subprodutos utilizados. Para um biocombustível ser sustentável é essencial que a relação *Input-Output* seja maior que um. Por exemplo, estudos realizados por Nogueira (1987) e Goldemberg (2004), para o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar em grandes destilarias no Brasil, mostraram que para cada unidade de energia total investida na agroindústria canavieira são produzidas em média 8,3 unidades de energia renovável.

Para se estimar a relação *Input-Output* é necessário realizar uma análise sistemática dos fluxos de energia nos processos produtivos envolvidos, determinando a quantidade de insumos energéticos diretos e indiretos requeridos para a produção do combustível. Ao se fazer a análise energética de um sistema de produção, a fronteira do mesmo deve ser definida, pois é dentro dela que os fluxos de energia serão avaliados (Nogueira, 1987).

Visando obter os valores das exigências energéticas dos produtos, três métodos podem ser empregados: análise de processos, análise estatística e análise por insumos-produção.

- **Método de análise de processo:** Este método tem a finalidade de calcular a energia total utilizada no sistema (Goldemberg, 1979). Assim, para calcular o custo energético do etanol, não basta levar em conta a energia elétrica ou

vapor utilizado para a produção, mas sim toda energia utilizada nas etapas de produção. Para este método segue os seguintes procedimentos:

- ✓ Selecionar o limite em torno do sistema, processo industrial, operação, entre outros a ser analisado;
 - ✓ Identificar e quantificar, em relação ao tempo ou às unidades produzidas, todos os insumos do sistema;
 - ✓ Atribuir às exigências energéticas a todos os insumos;
 - ✓ Identificar e quantificar todos os produtos e subprodutos;
 - ✓ Fazer a divisão das exigências energéticas entre produtos e subprodutos, empregando alguma convenção;
 - ✓ Aplicar os resultados da análise energética à finalidade em questão: comparar alternativas, determinar a viabilidade de uma nova fonte energética, calcular os efeitos de uma alteração política de preços, entre outros, (Nogueira, 1987).
- **Método de análise estatística:** Empregam-se levantamentos estatísticos para obtenção das exigências energéticas, e dependendo do universo considerado pode dar desvios consideráveis. Nessa análise quando os resultados aproximados forem aceitáveis poderão ser usados. Por exemplo, para se obter as exigências energéticas de insumos e lubrificantes (Nogueira, 1987);
 - **Método de análise insumos-produção:** Adaptado das matrizes para análise macroeconômica, este método elegante e matematicamente correto, determina a quantidade de energia que flui nas indústrias e a contribuição relativa de cada ramo de atividade. A desvantagem é a excessiva generalização (Nogueira, 1987).

Os dois últimos são métodos bastante aproximados e servem de ajuda no método de análise de processos. As dificuldades desse método estão, dependendo do sistema analisado, na definição adequada dos limites do sistema, na identificação e quantificação dos insumos e na obtenção de valores confiáveis para as exigências energéticas dos mesmos (Nogueira, 1987).

2.7.2 - Balanço energético da fase agrícola

Sobre o balanço energético foram desenvolvidos inúmeros trabalhos durante os anos, por esse motivo citaremos alguns autores e seus trabalhos em ordem cronológica de publicação:

Silva *et. al.* (1978) estudaram a energia necessária para a produção de etanol no Brasil a partir da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino e apresentaram dados referentes às fases agrícolas e industriais. Tais autores concluíram que a fase industrial foi a que mais consumiram energia, 60 a 70% do total, sendo a cana de açúcar a matéria-prima mais eficiente para a produção do etanol, seguidos pelo sorgo e, por fim a da mandioca.

Moreira *et. al.* (1979) realizaram o balanço energético para a produção de etanol a partir da cana de açúcar, mandioca e sorgo e examinaram em detalhes os custos energéticos envolvidos na fase agrícola e industrial considerando as várias opções para sua produção.

Pimentel (1980) apresentou uma coletânea de artigos sobre o uso de energia na agricultura. Empregando os melhores dados disponíveis, estes artigos desenvolveram metodologias e mensuraram o emprego de diferentes fatores de produção do setor agropecuário. O processo de análise empregado abrangeu cerca de 90% do total de energia utilizada na agricultura, sendo necessária uma combinação das análises de processos de insumo/produto para uma contagem de toda a energia gasta na produção agrícola.

Pimentel (1980) contabilizou os gastos energéticos para a fabricação dos equipamentos agrícolas, obtendo os seguintes resultados: 3.494 kcal/kg para tratores, 3.108 kcal/kg para colhedeira e caminhões, 2.061 kcal/kg para cultura primária e 3.108 kcal/kg para cultura secundária. Para os materiais envolvidos, o estudo relatou 12.013 kcal/kg para manutenção, reparos e combustíveis de diferentes máquinas, 11.814 kcal/kg para todos os tratores, 15.000 kcal/kg para implementos e colhedeiras e 20.500 kcal/kg para coifas entre outras.

Angeleli *et.al.* (1981) citam que, Walter Angeleli e Indrajid Desai realizaram um estudo sobre alimentação de trabalhadores (bóias-frias) na área de Ribeirão Preto, determinando a ingestão calórica média dos trabalhadores de 2.000 a 2158 calorias por dia.

Oдум (1984) observou que para analisar o balanço energético de um sistema era necessário medir em unidades físicas a quantidade de energia gasta para a produção de cada serviço ou em cada etapa da produção. Essas medidas incluíam além da energia empregada na fabricação de máquinas, fertilizantes e defensivos, a energia exigida para disponibilizar os equipamentos necessários em cada fase do processo.

Pimentel *et. al.* (1983) adotaram para o cálculo da mão de obra utilizada na fase agrícola o valor de 583 kcal/ha. Os equipamentos por sua vez foram responsáveis por 21.000 kcal/kg e para os insumos químicos, obteve-se o consumo energético de 14.700 kcal/kg para nitrogênio, 3.000 kcal/kg para fósforo e 1.600 kcal/kg para o potássio. Para os herbicidas 57.000 kcal/kg, fungicidas 22.000 kcal/kg e inseticidas 44.000 kcal/kg.

Goldemberg (1984) demonstrou em seu trabalho que o consumo diário de energia (carvão, madeira e carvão vegetal, derivados de petróleo e eletricidade) por família para uma renda mensal de no máximo dois (2) salários mínimos é de 18×10^3 kcal/dia.

Macedo *et. al.* (1985) realizaram estudo juntos às usinas filiadas à Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), com o intuito de verificar, sob as condições de produção o consumo de energia oriunda de petróleo necessária para a produção de etanol. O estudo foi realizado para todo processo e envolveu todas as formas de energia além do petróleo. Foram analisados dois cenários, o primeiro baseado nas médias de consumo de energia, insumos e investimentos, no segundo consideraram os consumos mínimos de energia com a melhor tecnologia empregada. Esses resultados foram obtidos para três níveis de detalhamento: emprego de combustíveis diretos, insumos da lavoura e indústria ou a energia dos equipamentos e mão de obra.

Carmo *et. al.* (1988) abordaram as relações produção/consumo calóricos para as propriedades rurais conhecidas como alternativas (orgânicas, biológicas e naturais), analisadas em um sistema global de produção. Nesse sistema as fontes calóricas de origem biológica foram mais importantes do que as fósseis e representaram tecnologias de menores impactos ambientais e sociais.

Segundo Souza *et. al.* (1990) no balanço energético não se considera somente a energia empregada como combustível para tratores, mas também a utilizada na fabricação de maquinários agrícolas, fertilizantes e defensivos, no desenvolvimento de sementes melhoradas e nos demais insumos empregados no processo de produção, sendo estas adicionais à solar.

Loomis *et. al.* (1992) consideram as atividades auxiliares à produção como provenientes de consumo indireto de energia e que apenas os insumos diretamente envolvidos na produção agrícola deveriam ser considerados. Segundo esses autores, deve-se considerar apenas a eficiência da energia empregada pela mecanização, tratos culturais e colheita.

Para Santos (1992) cada item consumidor de energia deve ser transformado em unidade energética, considerando a razão entre a produção de cada espécie vegetal e a energia cultural apresentada pelo uso de insumos e pelas atividades operacionais do sistema de produção. Esse índice é denominado de produtividade cultural e seu resultado é expresso em unidade de massa por unidade de energia (kg/kcal).

Orlando *et. al.* (1992) mostra em seu trabalho que a indústria açucareira e alcooleira caracteriza-se pela produção de grande volume de resíduos. O processamento industrial de uma tonelada de cana-de-açúcar gera uma série de subprodutos e resíduos, dentre os quais o bagaço que representa 25% do total produzido e as cinzas (material residual da queima do bagaço) que representa 2,5% do total de bagaço. Molina *et. al.* (1995) determinaram o potencial de energia contida no palhiço (ponteiros, folhas verdes e palhas), o qual é desperdiçado por ocasião das queimadas da pré- colheita.

Segundo Ahmad (1994) o consumo de energia para a produção da cana-de-açúcar por hectare foi de 406,16 kcal/kg, sendo o maior consumidor energético o fertilizante, consumindo 35% do total calculado. As mudas e adubo colaboram, respectivamente, com 25,2 e 14,4%, a mão-de-obra animal foi estimada em 7,5% e a energia da mão-de-obra humana e dos tratores foram insignificantes para a contribuição do total de energia da produção da cana-de-açúcar.

De acordo com Hetz (1992) o balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total, a eficiência energética refletida pelo

ganho líquido de energia e pela relação saída/entrada (energia produzida / energia consumida), além da energia necessária para produzir ou processar um quilograma de determinado produto. Nesse processo identifica-se e quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que serão transformados em unidades de energia

Ripoli (1991) comprovou experimentalmente que o potencial energético de uma tonelada de material remanescente no campo, da colheita de cana, equivale em média a 1,28 barril de petróleo (BEP) e quando colocado no pátio da usina a 1,26 BEP, e que em termos de poder calorífico, substitui em média 1,08 t de bagaço, sendo o custo de oportunidade do bagaço de 6,32 US\$/t, o preço líquido da cana-de-açúcar de 9,02 US\$/t e os custos para o carregamento e transporte do material remanescente de 4,09 US\$/t em média do ano de 1991. O PCI dos colmos sendo de 4054,5 kcal/kg.

De acordo com Sartori (1999) o material remanescente da colheita é de 1800 kcal/kg para o bagaço com 50% de umidade e em Ripoli (1990) a quantidade de palhiço proveniente da colheita manual é de 33%, em média, sendo o saldo econômico do processo de substituição do bagaço pelo material remanescente altamente vantajoso para a empresa agro-industrial canavieira, uma vez que atinge valores médios da ordem de 36,39 US\$/ha, quando se considera essa substituição pelo bagaço “in natura”, e de 263,16 US\$/ha, quando é considerado o bagaço enfardado, relata também que Lopez (1987), determina a quantidade de material remanescente como sendo de 25% a 30% do total da biomassa.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2007) o PCI dos combustíveis: gasolina 10.400 kcal/kg ou 7.696 kcal/l; óleo diesel 10.100 kcal/kg ou 8.484 kcal/l; lubrificantes 10.120 kcal/kg ou 8.906 kcal/l; solventes 10.550 kcal/kg ou 7807 kcal/l; lenha comercial 3.100 kcal/kg; caldo de cana 623 kcal/kg; bagaço de cana 2.130 kcal/kg (com 50% de umidade) e o etanol etílico hidratado 6300 kcal/kg ou 5097 kcal/l.

2.7.3 - Balanço energético da fase agroindustrial

Na produção do etanol na fase industrial, deve-se ressaltar que boa parte da energia é dissipada (perdida) no processamento. Para o caso das microdestilarias,

esta perda e ainda maior, devido à menor eficiência dos equipamentos e processos, tornando, portanto, de grande importância o conhecimento do balanço Energético.

Tendo por base as tecnologias utilizadas para a produção de etanol, pesquisadores têm trabalhado no sentido de construir balanços energéticos que busquem caracterizar os fluxos de energia presentes em tal sistema de produção. Estes trabalhos procuram relacionar e quantificar a energia envolvida neste processo. Em vários destes estudos, a importância básica é reservada para a energia que entra e a que sai do sistema, sendo o valor energético dos insumos de produção considerado como entrada e o conteúdo energético do etanol produzido como saída.

Estudo realizado por Nogueira *et. al.* (1985) juntamente com o Centro de Tecnologia Copersucar de Piracicaba, fez-se uma avaliação energética de todo o processo da produção do etanol das usinas cooperadas. Sendo considerados dois casos para este trabalho: um deles (Cenário 1) é baseado nas médias de consumo de energia, nos insumos e nos investimentos, e o outro (Cenário 2) é baseado nos melhores valores praticados (valores mínimos de consumo com o uso da melhor tecnologia existente e praticada na região).

Segundo Macedo (2004), que atualizou os dados de Nogueira *et. al.* (1984), é necessário destacar as etapas dos processos industriais a serem computados na análise energética industrial, são elas: Utilização de energia elétrica nos processos, insumos do setor industrial, avaliação do uso de energia na construção e montagem de uma usina de etanol, energia utilizada na edificação de prédios, áreas de serviço, finalizando na produção e montagem dos equipamentos industriais.

2.8 - ANÁLISE ECONÔMICA

As decisões de investimento em alternativas e projetos de economia e uso eficiente da energia passam-se, necessariamente, por uma análise de viabilidade econômica (Bortoni, 2006). Tais questões podem apresentar-se de duas formas: ou deseja-se decidir sobre a escolha entre duas alternativas mutuamente excludentes, ou deseja-se conhecer a economicidade de uma dada alternativa. Esta análise, em geral, utiliza-se de índices econômicos que permitem traduzir a atratividade de um investimento.

Para se realizar uma análise econômica, necessita-se de algumas ferramentas básicas para o procedimento, devendo conter os dados, as informações e os indicadores, que em inúmeros casos se superpõem, dificultando sua rotulagem conceitual, (Lourenço, 2006).

Dentre estes parâmetros, pode-se destacar o valor presente líquido, o valor anual uniforme, a taxa de retorno e o tempo de retorno de capital. Nos próximos itens apresentam-se os parâmetros, os métodos, bem como os critérios

2.8.1 - Fluxo de caixa

O fluxo de caixa é uma maneira simplificada de se representar graficamente as receitas e as despesas de um projeto ao longo do tempo. Nesta modelagem, tudo o que for ganho, benefício, receita e semelhantes, é representado com uma seta orientada para cima (azul), e para tudo que for gasto, despesas, investimentos e outros, por uma seta orientada para baixo (vermelha). A Figura 2.17 representa um fluxo de caixa o qual demonstra um investimento (I) no instante zero (seta para baixo) que resultará em um retorno anual A (seta para cima) durante n períodos, ou em um valor futuro F após este mesmo período, (Bortoni, 2006).

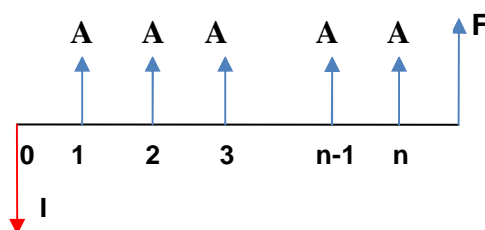


Figura 2. 18 - Exemplo de fluxo de caixa

Taxa de juros é o chamado custo do dinheiro, o que é cobrado para emprestá-lo basicamente. A taxa de juros básica de uma economia é fixada pelo Banco Central do país, através de títulos do Governo. Considera-se a taxa de juros como sendo um prêmio para quem espera um período para receber o que lhe é devido, pode-se usar a taxa de juro: para relacionar o valor futuro F com o valor presente P segundo a Equação 2.1, (Bortoni, 2006),

$$F = P + P \times i = P \times (1 + i) \quad 2.1$$

Quando se considera mais de um período e tempo, ou seja, para n período obtém-se a seguinte expressão:

$$F = P \times (1 + i)^n \quad 2.2$$

Na prática, o número de períodos muitas vezes representa a vida útil de um equipamento, vida contábil, período de análise ou a duração do fluxo de caixa como ocorre em projetos que envolvam períodos de concessão. Na análise, é importante que a taxa de juros seja por (100) cem e esteja em conformidade com o período de tempo adotado, ou seja, devem-se adotar taxas de juros anuais para períodos anuais ou taxas de juros mensais para períodos mensais. Para o caso de existir varias anuidades, o cálculo deve ser cumulativo, como demonstra a Figura 2.18.

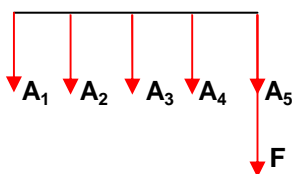


Figura 2. 19 - Fluxo de caixa (Bortoni, 2006)

O valor futuro será dado pela soma das contribuições de cada anuidade corrigida pela taxa de juros, da seguinte maneira:

$$F = A_5 + A_4 \times (1 + i) + A_3 \times (1 + i)^2 + A_2 \times (1 + i)^3 + A_1 \times (1 + i)^4 \quad 2.3$$

Se as unidades e os intervalos de tempo forem iguais, caracterizando a chamada série uniforme, pode utilizar-se da equação generalizada.

$$\frac{F}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad 2.4$$

Através da Equação 2.4, pode-se realizar importantes relações como:

• Fator de Recuperação de Capital: $FRC(i, n) = \frac{A}{P} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ 2.5

• Fator de Valor Presente: $FVP(i, n) = \frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$ 2.6

2.8.2 - Critérios para tomada de decisão

Neste tópico, apresenta-se o método do valor presente líquido, do valor anual uniforme, do tempo de retorno de capital e da taxa interna de retorno. Naturalmente, as diversas técnicas apresentam certas vantagens e desvantagens quando comparadas entre si, devendo sempre ser aplicadas conhecendo as suas limitações.

2.8.2.1 - Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido, também conhecido por Valor Anual Líquido (VAL), é um método bastante difundido na área de tomada de decisão sobre investimento, por tratar-se de um método de fácil elaboração. Taha (2006) relata que a característica essencial do método do Valor Presente é o desconto para o valor presente de todos os fluxos de caixa esperados como resultado de uma decisão de investimento. Todos os fluxos de caixa futuros são descontados, usando-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Na prática traz-se para o presente, ou seja, para o tempo em que se iniciou o projeto, todas as despesas e receitas de capital esperados a uma determinada taxa. Este método, normalmente, é utilizado nas análises de investimentos isolados, que envolvam curto prazo ou que tenham baixo número de períodos.

Para ilustrar mais facilmente a repetição dos fluxos de caixa pode-se expressá-lo através de um diagrama, conforme Figura 2.19.

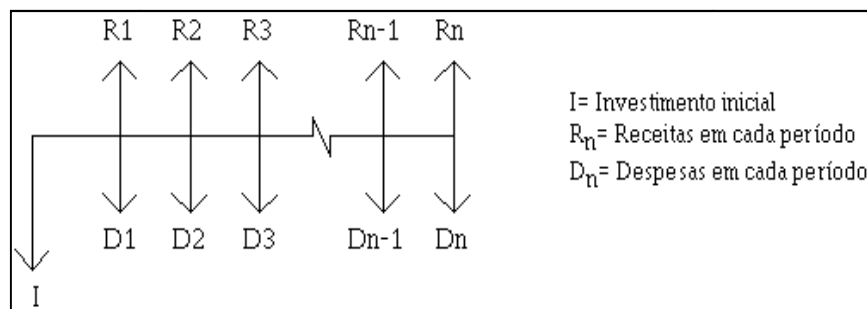


Figura 2. 20 - Fluxo de caixa (VPL)

Fonte: TAHA (2006)

Este método do valor presente líquido é bastante interessante quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes. De modo que, todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo, sejam trazidos para o presente. A alternativa que oferecer o maior valor presente líquido será, dentro deste critério, a mais atraente. Bortoni (2006).

2.8.2.2 - Taxa Mínima de atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de atratividade, também chamada de custo de oportunidade ou taxa de desconto, é aquela paga pelo mercado financeiro em investimentos correntes (poupança, fundos de investimentos e outros). Essa taxa é utilizada para representar os fluxos de caixa em valor presente, (Westphal, 1998)

2.8.2.3 - Valor anual líquido (VL).

O método do valor anual líquido também é indicado para comparar alternativas mutuamente excludentes. A grande vantagem deste método é que se podem analisar alternativas com vidas úteis diferentes lançando-se mão do conceito de reposição contínua, ou seja, passada a vida útil do equipamento, ele será repostado por outro idêntico, sendo que isto irá ocorrer indefinidamente. Este critério trabalha com a distribuição de custos e de investimentos que estejam concentrados em um determinado instante do tempo através do fator de recuperação de capital. Dessa forma, o que apresentar o valor uniforme mais atraente será a alternativa escolhida.

2.8.2.4 - Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é a taxa de juros para qual o somatório do Valor Presente do fluxo de caixa é nulo, no período de tempo adotado. Neste caso, ao comparar duas alternativas, considera-se despesa (saída de capital no fluxo de Caixa) os custos do sistema a ser avaliado e são considerados benefícios (Entrada de capital no fluxo de caixa) os custos do sistema tomado como base na análise (Westphal, 1998).

Quando a TIR de um investimento for superior à TMA, à disposição do investidor, tal investimento é considerado economicamente viável, dentro do período de estudo. (Westphal, 1998).

2.8.2.5 - Tempo de retorno do capital (TR), ou payback

O critério do tempo de retorno de capital, ou payback, é sem dúvida um método bastante utilizado pelos empresários para determinar a atratividade de um investimento, considerando que o maior objetivo de um projeto é o lucro e não o tempo de recuperação do capital investido. Este método mede o tempo necessário para que a somatória das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial. Desta forma é o mais difundido no meio técnico para análises de viabilidade econômica, principalmente devido à sua facilidade de aplicação.

Nestes termos fala-se do chamado playback não descontado, isto é, um procedimento de cálculo onde não se leva em consideração custo de capital, ou seja, a taxa de juros. Esta análise é feita apenas dividindo-se o custo da implantação do empreendimento pelo benefício auferido. Em outras palavras, este critério mostra quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao investimento, conforme Bortoni (2006). Existem, no entanto, algumas desvantagens no método Playback, as quais são descritas a seguir, (Taha, 2006).

- Falta relação com as consequências do investimento além do final do período de recuperação;
- O método não leva em consideração a Taxa Mínima de Atratividade;

- O método não leva em consideração a vida do investimento, tornando-se mais difícil seu uso quando o investimento inicial se der por mais de um ano ou quando os projetos comparados tiverem investimentos iniciais diferentes.

2.8.2.6 - *Playback Descontado*

Este método tem vantagem em relação ao Playback, porque ele questiona quantos períodos serão necessários para o projeto ser aceito em termos de valor presente líquido. Isto quer dizer que é dada uma ponderação igual a todos os fluxos antes do período limite, mas ele continua a não considerar os fluxos de caixa que ocorrem após o período. Já segundo Bortoni (2006) o tempo de retorno descontado é o número de períodos que zera o valor líquido presente, ou anual, de empreendimento. Neste caso, a taxa de juros adotada e o próprio custo do capital.

2.8.3 - *Investimentos*

Segundo SEBRAE (2009), também é necessário considerar alguns levantamentos de recursos mínimos para o investimento e projeção anual de receita, custos e lucros, onde estes são divididos em 12 itens, conforme Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Análise econômica

1-	Investimento fixo (necessário para a operação da empresa):	• terreno; • galpão; • máquinas e equipamentos; • móveis e utensílios; • veículos; • eventuais (10% do valor do investimento fixo).
2-	Capital de giro (recursos necessários para a empresa iniciar e manter sua atividade operacional):	• caixa mínimo (recursos para despesas rotineiras); • matérias-primas, embalagens e materiais secundários; • financiamento das vendas; • insumos e serviços básicos; • mão-de-obra.
3-	Investimento total:	• investimento fixo + capital de giro
4-	Custos fixos anuais (ocorrem independentemente da produção e vendas):	• salários + encargos sociais (mão-de-obra indireta) • “pró-labore”; • contabilidade; • depreciação; • aluguéis • manutenção • material de expediente • outros (3% sobre a soma).
5-	Custos variáveis anuais (variam proporcionalmente ao volume de produção e vendas):	• matérias-primas • mão-de-obra direta e encargos • materiais secundários • embalagens • insumos • impostos • fretes • comissões sobre vendas
6-	Custos anuais totais:	• custos fixos + custos variáveis

Continuação. **Tabela 2.3** – Análise Econômica

7-	Custo unitário do produto (rateio dos custos fixos e custos variáveis diretos):	<ul style="list-style-type: none"> • compreende a soma entre: custo fixo unitário (custo fixo ÷ unidades produzidas) + custo variável direto unitário (matérias primas, embalagens, mão-de-obra direta, insumos ÷ unidades produzidas).
8-	Custo de comercialização (custos percentuais que incidem sobre o preço de venda):	<ul style="list-style-type: none"> • (%) impostos; • (%) comissões; • (%) expedição.
9-	Margem de lucro (lucro desejado)	<ul style="list-style-type: none"> • percentual definido de acordo com a política de vendas da empresa; • deve levar em conta aspectos de mercado e concorrência.
10-	Preço de venda (PV):	<ul style="list-style-type: none"> • PV = custo unitário do produto 1
11-	Receitas operacionais (resultam da projeção das vendas durante o ano):	<ul style="list-style-type: none"> • quantidade de produtos destinados à venda x preço de venda estimado.
12-	Lucro operacional:	<ul style="list-style-type: none"> • receitas operacionais - custos anuais totais.

Fonte: SEBRAE (2009)

2.8.4 - Análise econômica do investimento (Financiamento e Taxas de Juros)

Segundo pesquisas realizadas nas agências bancaria, foram encontradas à existência de várias linhas de crédito que utilizam recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) 2011, para financiar projetos, empreendimentos, aquisição de equipamentos e capital de giro associado. Uma dessas linhas de crédito é o BNDES Automático que se destina exclusivamente a fornecer créditos a micro e pequenas empresas, sob controle de capital nacional, localizadas em qualquer região do país. Nesta linha de créditos os encargos aplicados seguem a seguinte forma, TJLP+Taxa de juros+IOF.

De acordo com o BNDES (2011) , a TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) - é uma Medida Provisória nº 684, de 31.10.94, publicada no Diário Oficial da União em 03.11.94, sendo definida como o custo básico dos financiamentos concedidos pelo BNDES. Posteriores alterações ocorreram através da Medida Provisória nº 1.790, de 29.12.98 e da Medida Provisória nº 1.921, de 30.09.99, convertida na lei nº

10.183 de 12.02.2001. A Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP tem período de vigência de um trimestre-calendário e é calculada a partir dos seguintes parâmetros.

I - meta de inflação calculada pro rata para os doze meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas pelo Conselho Monetário Nacional;

II - prêmio de risco.

A TJLP é fixada pelo Conselho Monetário Nacional e divulgada até o último dia útil do trimestre imediatamente anterior ao de sua vigência. Em moedas contratuais, a TJLP, expressa em percentual ao ano, na tabela 2.4, podemos observar a evolução das taxas ao longo dos anos das taxas.

Obs: A taxas de juros aplicados pelas agências bancárias para o financiamento do BNDES Automático variam de agência para agência.

Tabela 2. 4- Evolução da TJLP de 2008 a 2011 (a.a.).

Mês	Taxa
2011	
OUTUBRO a DEZEMBRO	6%
JULHO a SETEMBRO	6%
ABRIL a JUNHO	6%
JANEIRO a MARÇO	6%
2010	
OUTUBRO a DEZEMBRO	6%
JULHO a SETEMBRO	6%
ABRIL a JUNHO	6%
JANEIRO a MARÇO	6%
2009	
OUTUBRO a DEZEMBRO	6%
JULHO a SETEMBRO	6%
ABRIL a JUNHO	6,25%
JANEIRO a MARÇO	6,25%
2008	
OUTUBRO a DEZEMBRO	6,25%
JULHO a SETEMBRO	6,25%
ABRIL a JUNHO	6,25%
JANEIRO a MARÇO	6,25%

Fonte: BNDES (2011)

3 - METODOLOGIA

O objetivo deste estudo foi realizar o balanço energético e uma análise econômica no ciclo de produção do etanol em microdestilarias de álcool, já que a cana é uma matéria prima acessível do ponto de vista econômico e produtivo quando comparado com outros tipos de cultivos, como por exemplo: o milho, a beterraba entre outros. Além disso, a viabilidade da produção do etanol dará um fim mais nobre a esta matéria prima, hoje considerada como a melhor opção entre os biocombustíveis.

A partir de informações já apresentadas na revisão bibliográfica, foi definida uma configuração da planta de produção do etanol e da aguardente que teve por base uma unidade de produção existente no município de Piranguinho, localizada no Sul de Minas Gerais. Foi possível descobrir os principais parâmetros do processo de produção da cana no campo e os principais equipamentos utilizados na produção industrial, mas, é importante ressaltar que esse estudo serviu apenas como referência para o trabalho, o qual não reflete a realidade exata das microdestilarias de Minas Gerais.

A análise energética foi desenvolvida através da aplicação de balanços de massa e energia, para os setores agrícolas e industriais, considerando as equações clássicas proposta por Sartori (1999) e Doering (1980). Desta forma os dados relacionados à propriedade, foram levantados entre janeiro a agosto de 2008, sendo obtidos em visitas a campo através de entrevistas e pesquisas com os produtores. Primeiramente, foram levantados alguns dados básicos do setor agrícola e industrial.

3.1 - Análise energética da produção agrícola

- ✓ Área total cultivada;
- ✓ Produtividade agrícola;
- ✓ Maquinários e implementos;
- ✓ Fertilizantes e defensivos agrícolas;
- ✓ Mão de obra.

Neste setor utilizou-se para os cálculos, as seguintes equações:

3.1.1 - Mão de obra

Para o consumo de energia associado à mão de obra foi adotada a Equação 3.1, adotada por Sartori (1999):

$$ET_{mo} = n \times \frac{(hi \times mo)}{ha} \quad (3.1)$$

Onde:

ET_{mo} - consumo total de energia para mão-de-obra, por hectare (kcal/ha);

hi - período de tempo (h);

mo - consumo unitário de energia (kcal/h);

ha - área trabalhada (ha);

n - número de trabalhadores.

O valor a ser adotado para o consumo unitário de energia, *mo*, será discutido no próximo capítulo.

3.1.2 - Máquinas e equipamentos

Para a obtenção do consumo energético das máquinas e equipamentos, foi utilizado-se a Equação 3.2, proposta por Dorieng (1980), bem como os valores utilizados por Nogueira (1980), Sartori (1999) e Goldemberg (2004) relativos aos equipamentos.

$$Tema = \sum \{ [(Ef + Em + Er) \times P] / Vu \} \times (Iem \times tar \times Ivu) / ha \quad (3.2)$$

Onde:

Tema - consumo total de energia por hectare para as máquinas (kcal/ha);

Ef - valor do consumo energético utilizado para fabricação (kcal/TC);

Em - valor energético do material utilizado (kcal/TC);

Er - energia gasta para manutenção e reparos (kcal/TC);

P - peso total (kg);

tar - total de energia acumulado;

lem - coeficiente relativo à energia para reparo e manutenção = (0,333);

lvu _(0,82) - coeficiente de vida útil 0,82. (82% da vida útil);

ha - área (ha).

3.1.3. Combustíveis

$$T_{ec} = \sum \frac{(C \times PCic)}{ha} \quad (3.3)$$

Onde:

Tec - total de energia embutida no combustível (kcal/ha);

C - combustível consumido (l);

PCic - poder calorífico do combustível utilizado (kcal/l);

ha - área (ha).

3.1.4. Agrotóxicos

$$TED = \sum \frac{(D \times ED)}{ha} \quad (3.4)$$

Onde:

TED - total de energia embutida nos agrotóxicos (kcal/ha);

D - quantidade total do produto utilizado (l);

ED - energia embutida nos defensivos (kcal/l);

ha - área (ha);

3.1.5. Fertilizantes

$$T_{ef} = \sum \frac{(F \times Ef)}{ha} \quad (3.5)$$

Onde

T_{ef} - total de energia embutida nos fertilizantes (kcal/ha);

F - quantidade total de fertilizantes (kg);

E_f - energia embutida nos fertilizantes (kcal/kg);

ha – área (ha).

3.1.6. Mudanças para o cultivo

Admitiu-se que os procedimentos da produção de mudas são equivalentes aos da lavoura, portanto foi incrementado em 3,0% o consumo energético global para representar o equivalente a mudas, segundo Nogueira (1987).

$$T_{e_{mu}} = C_{mu} \times tar \quad (3.6)$$

Onde:

$T_{e_{mu}}$ - total de energia embutida nas mudas (kcal/TC);

C_{mu} – coeficiente de ajuste (0,03);

tar - total de energia acumulado (kcal/TC);

3.1.7. Transporte

$$TE_{Tr} = \frac{C_c \times D \times PCI_i}{P_{cana} \times C_{ap}} \quad (3.7)$$

Onde:

TE_{Tr} - total de Energia embutida no transporte (kcal/TC);

C_c – consumo de combustível (litros/km);

D – distância (km);

PCI – poder calorífico do combustível (kcal/litro);

C_{ap} - capacidade de transporte (TC);

i – tipo de combustível;

P_{cana} - produção total de cana (TC. Ano).

3.1.8. Lenha

$$TE_{lenha} = \frac{C_{lenha} \times PCI_I}{P_{Cana}} \quad (3.8)$$

Onde:

TE_{lenha} - total de energia embutida na lenha (kcal/TC);

C_{lenha} - consumo anual de lenha (kg.ano);

PCI_I - poder Calorífico Inferior (kcal/kg);

P_{cana} - produção total de cana (TC. Ano).

3.2 - Análise energética Fase Industrial.

- ✓ Área industrial construída;
- ✓ Equipamentos utilizados na produção;
- ✓ Geração e utilização de bagaço;
- ✓ Produção de álcool e aguardente;
- ✓ Geração de vinhoto;
- ✓ Consumo de lenha, bagaço e eletricidade;
- ✓ Mão de obra.

Para o custo energético correspondente a equipamentos e instalações industriais foram utilizadas as seguintes equações:

3.2.1 - Edificações

$$E_{te} = \frac{A_{cons} \times E_{Enc}}{Vu} \quad (3.9)$$

Onde:

E_{te} - energia total na construção das edificações (kcal);

A_{cons} - área total construída (m^2);

E_{Enc} - energia específica de construção (kcal/ano);

V_u - vida útil (anos).

$$C_E = \frac{E_{te} + E_{Man}}{P_{cana}} \quad (3.10)$$

Onde:

C_E - custo energético total nas edificações (kcal/TC);

E_{te} - energia total edificações (kcal);

E_{Man} - custo de Energético para manutenção (kcal);

P_{cana} - produção total de cana (TC).

3.2.2 - Máquinas e equipamentos leves e pesados.

$$E_{Fme} = P \times E_{Ema} \quad (3.11)$$

Onde:

E_{Fme} - energia Total de fabricação do equipamentos (kcal);

P - peso dos equipamentos e máquinas (kg);

E_{Ema} - energia especifica do material (kcal/kg);

$$C_{Tme} = \frac{E_{Fme} + E_{Man}}{P_{cana}} \quad (3.12)$$

Onde:

C_{Tme} - Custo energético total nas maquina e equipamentos (kcal/TC);

E_{Fme} - energia Total de fabricação da máquinas e equipamentos (kcal);

E_{Man} - custo de Energético para manutenção (kcal);

P_{cana} - produção total de cana (TC).

Segundo Goldenberg (2004), deve-se atribuir às edificações e aos equipamentos uma vida útil de:

- ✓ Edificações: 50 anos;

- ✓ Máquinas e equipamentos pesados (moenda e caldeira): 25 anos;
- ✓ Outros equipamentos (Leves): 10 anos.

Obs.: Para o custo energético de manutenção foram considerados:

- ✓ Máquinas e equipamentos: 4% energia total de fabricação das máquinas e equipamentos;
- ✓ Edificações: 4% energia total na construção das edificações.

3.3 - Análise energética do bagaço total

$$TE_{Bagtot} = \frac{B_{Totge} \times PCI_B}{Pr_{cana}} \quad (3.13)$$

Onde:

TE_{Bagtot} - energia total embutida no bagaço total (kcal/TC);

B_{Totge} - bagaço total gerado (kg.ano);

PCI_B - poder calorífico inferior do bagaço (kcal/kg);

Pr_{cana} - produção total de cana (TC. ano).

3.3.1 - Bagaço Utilizado.

$$TE_{Bagut} = \frac{(B_{totge} - B_{exc}) \times PCI_B}{Pr_{cana}} \quad (3.14)$$

Onde:

TE_{Bagut} - energia total embutida no bagaço utilizado (kcal/TC);

B_{totge} - bagaço total gerado (kg.ano);

B_{exc} - bagaço excedente (kg.ano);

PCI_B - poder calorífico inferior do bagaço (kcal/kg);

Pr_{cana} - produção total de cana (TC. ano).

3.3.2 - Bagaço excedente.

$$TE_{Bagex} = \frac{(B_{totge} - B_{util}) \times PCI_B}{Pr_{cana}} \quad (3.15)$$

Onde:

TE_{Bagex} - energia total embutida no bagaço excedente (kcal/TC);

B_{totge} - bagaço total gerado (kg.ano);

B_{util} - bagaço utilizado (kg.ano);

PCI_B - poder calorífico inferior do bagaço (kcal/kg);

Pr_{cana} - produção total de cana (TC. ano).

3.4 - Análise energética do etanol combustível

$$TE_{Álcool} = \frac{P_{TE} \times PCI_A}{P_{cana}} \quad (3.16)$$

Onde:

E_{Etanol} - total de Energia embutida no etanol combustível (kcal/TC);

P_{TE} - produção total do etanol (kg.ano);

PCI_A - poder calorífico inferior do bagaço (kcal/TC);

P_{cana} - produção total de cana (TC. ano).

3.4.1 – Venda do Etanol combustível produzido.

$$B_{Etanol} = P_{cana} \times P_{rod\ Eta} \times V_{Valor\ etanol} \quad (3.17)$$

Onde:

B_{Etanol} – Benefício Total (R\$);

$V_{\text{valor etanol}}$ – Valor de venda do etanol (R\$ / litro);

$P_{\text{rod Eta}}$ – Produção de etanol (litros/TC. ano);

P_{cana} - produção total de cana (TC. ano);

3.4.2 – Venda da Aguardente produzida

$$B_{\text{Aguardente}} = P_{\text{cana}} \times P_{\text{rod aguar}} \times V_{\text{Valor aguardente}} \quad (3.18)$$

Onde:

$B_{\text{Aguardente}}$ – Benefício Total (R\$);

$V_{\text{valor aguardente}}$ – Valor de venda do etanol (R\$ / litro);

$P_{\text{produção aguar}}$ – Produção de aguardente (Litros/TC. ano);

P_{cana} - produção total de cana (TC. Ano);

3.5 – Análise econômica do etanol combustível e aguardente.

3.5.1 - Fator de Recuperação de Capital:

$$FRC(i,n) = \frac{A}{P} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3.19)$$

Onde:

FRC - Fator de recuperação de capital

i – Taxa de juros

n – Números de períodos, (meses, anos)

3.5.2- Fator de Valor Presente:

$$FVP(i,n) = \frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \quad (3.20)$$

Onde:

FVP - Fator de valor presente

i – Taxa de juros

n – Números de períodos, (meses, anos)

3.5.3 – Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} - I = 0$$

(3.21)

Onde:

O – Período total (anos)

i – Taxa de juros (TIR)

n – Números de períodos, (meses, anos)

I – Investimento (R\$)

3.5.4 – Tempo de retorno do capital (TR)

$$n = \frac{\ln(1 - I / A \times i)}{\ln(1 + i)} \quad (3.22)$$

Onde:

n – Números de períodos, (meses, anos)

i – Taxa de juros (%)

A – Período total (anos)

ln – Logaritmo neperiano

4 - ESTUDO DE CASO: Microdestilaria Agroindustrial Serra Grande

O estudo foi realizado na Fazenda Agroindustrial Serra Grande, localizada no Município de Piranguinho; Sul de Minas Gerais, nas encostas da Serra Mantiqueira, situado nas coordenadas 22°44'04" S; 43° 31'54"O, local de clima ameno e de terras férteis, conforme Figura 4.1.



Figura 4. 1 - Localização da Cidade de Piranguinho, Sul de Minas Gerais

Fonte: Google mapas (2011)

4.1 - Balanço Energético

Neste item será realizado o estudo do balanço energético para as seguintes fases de produção agrícola e Industrial.

4.1.1 - Fase Agrícola: Consumo energético

Segundo a metodologia proposta Nogueira (1987), para desenvolver uma análise energética dessa natureza, deve-se delimitar as fronteiras do estudo, ou seja, para este caso a fronteira abordada para a produção da cana de açúcar

necessária para produção da Microdestilaria será considerada os seguintes insumos para a análise energética:

- ✓ Produtividade agrícola;
- ✓ Combustíveis utilizados nas operações agrícolas e de transporte da cana;
- ✓ Energia necessária para a produção dos equipamentos e máquinas agrícolas;
- ✓ Energia para a manutenção dos equipamentos;
- ✓ Energia embutida nos insumos (fertilizantes, calcário, herbicidas, inseticidas e mudas);
- ✓ Mão de obra.

Será necessário adotar alguns dados secundários que serão obtidos da seguinte forma:

- a) Tipos de máquinas e equipamentos empregados no preparo do solo e operações de cultivos realizadas, conforme Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária (SEAGRI 2004);
- b) Quantidades e tipologia dos fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas, de acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER 2004);
- c) Energia contida nas edificações, máquinas e equipamentos, de acordo com (COPERSUCAR, 1996);
- d) Energia contida nos fertilizantes, corretivos e defensivos, de acordo com (Pimentel, 1980);
- e) Energia contida nos subprodutos de processo, conforme o (MME, 1994).

A Figura 4.2, demonstra resumidamente as etapas e insumos para o cálculo do balanço energético nesta fase.

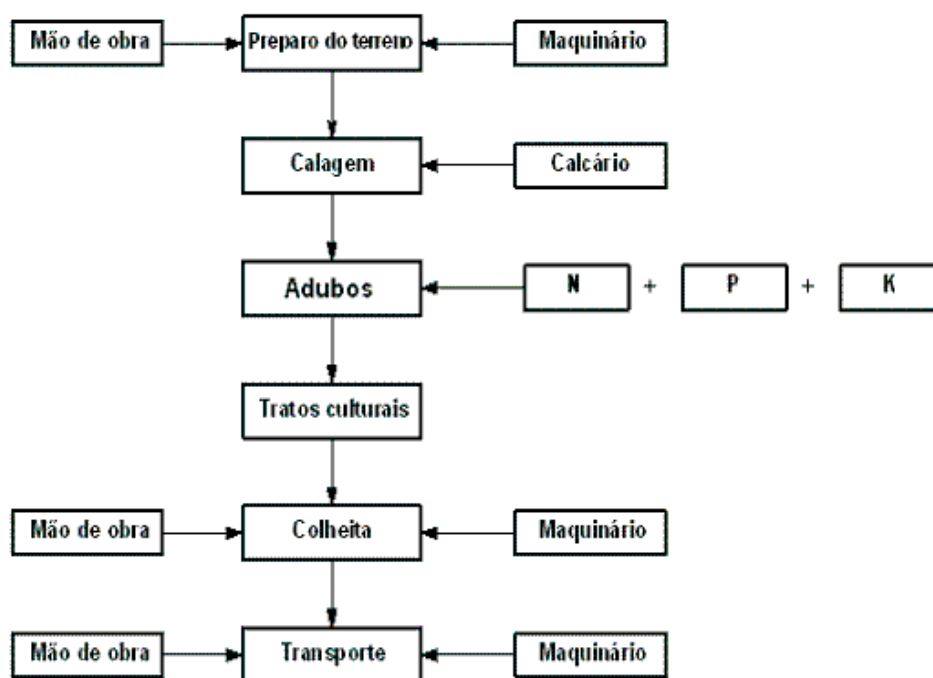


Figura 4. 2 - Etapas de produção da cana “Fase agrícola”

4.1.2 - Produtividades agrícolas

Segundo dados fornecidos pela microdestilaria, normalmente são realizados cinco cortes com uma média de produtividade de 67 toneladas de cana por hectare cultivado, (devemos resaltar que o primeiro corte ocorre no segundo ano, a media e calculada por seis anos) como demonstrado na Tabela 4.1 e Figura 4.3.

Tabela 4. 1- Produtividade da cana-de-açúcar

Nº	Corte	Produtividade (t/ha)
1	Cana Planta	90
2	1ª cana soca	85
3	2ª cana soca	80
4	3ª cana soca	76
5	4ª cana soca	68
Média		67

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

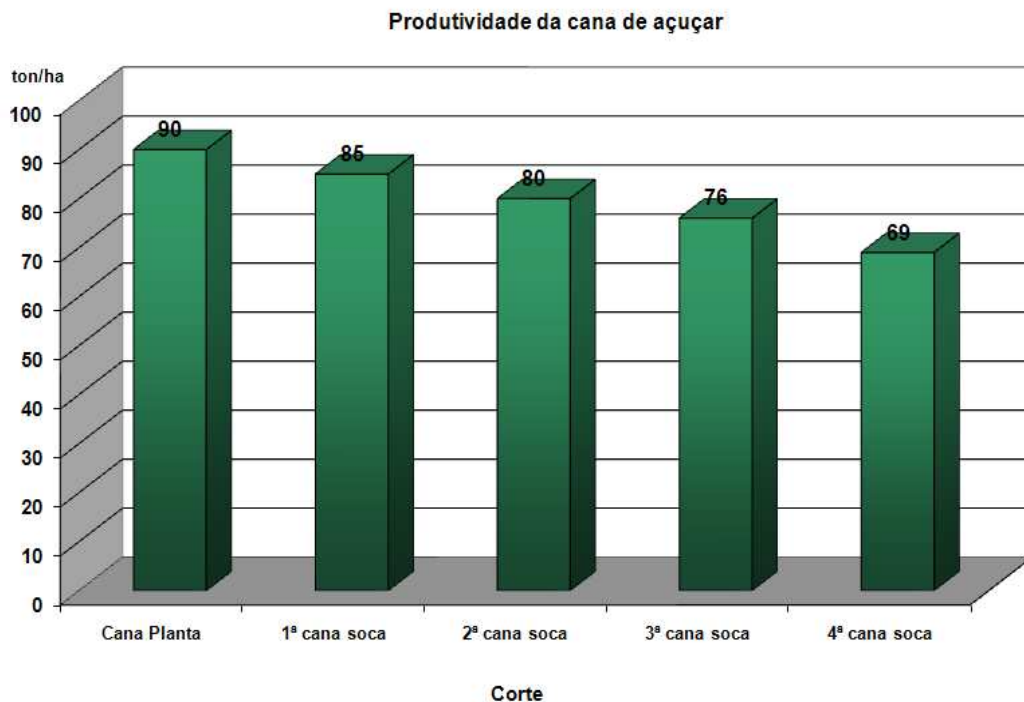


Figura 4. 3 - Produtividade da cana de açúcar

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

4.1.3 - Mão – de – Obra

Para a energia correspondente à mão de obra, existem certas divergências sobre o uso desta energia no computo de uma análise energética. Segundo Serra (1979), a mesma não deve ser computada para fins de avaliação do índice energético de um determinado produto, pois o homem quer esteja trabalhando ou não, consome praticamente a mesma quantidade de energia na forma de alimento, moradia, vestuário e outros.

Entretanto Pimentel (1980), Heichel (1973), Bridges & Smith (1979) adotaram, respectivamente, os valores de 485 kcal/hora, 525 kcal/hora, 544 kcal/hora para uma análise energética. Outros estudos realizados, mas recentemente, demonstraram outros valores, como por exemplo, Angeleli, Duarte e Oliveira (1981), determinaram o consumo de 321 kcal/h de trabalho para um trabalhador rural. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO 1993), para os países em transição, a necessidade energética alimentar seria de 2910 kcal/dia para o ser humano.

Esperando aproximar mais da realidade brasileira e dos bóias-frias em questão, adotou-se este valor energético de 321 kcal/h, segundo Tabela 4.2.

Em posse destes dados e utilizando a Equação (10.3), o valor obtido para o consumo energético por tonelada de cana para o trabalhador rural foi de 1610 quilocalorias por tonelada de cana para este estudo.

Tabela 4. 2- Consumo de energia em quilocalorias para o setor agrícola (Mão- de- obra)

ITEM	VALOR
Consumo de energia (kcal/h)	321
Área trabalhada (ha)	20
Número médio de trabalhadores	5
Produtividade agrícola (TC/ha)	67
Número total de horas trabalhadas (h)	1.344
Total (kcal/ha)	107.856
Total (kcal/TC)	1.610

4.1.4 - Máquinas e Equipamentos Agrícolas.

Os equipamentos foram selecionados de acordo com cada etapa de produção, obtendo - se assim a densidade de utilização do maquinário por hectare (kg/ha), conforme demonstrado na Tabela 4.3 e a distribuição do consumo energético agregado às máquinas e equipamentos, Figura 4.4.

Tabela 4. 3- Utilização de equipamentos agrícolas

Densidade de utilização (kg/ha)	
Área	Microdestilaria (20 hectares)
Tratores	636,45
Implementos	158,95
Caminhões	225
Pneu (caminhões)	45
Total	1020,4

Consumo energético agregado á máquinas e equipamentos

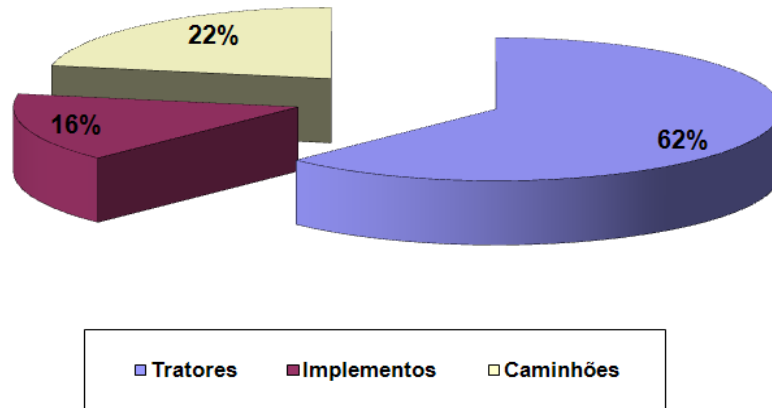


Figura 4. 4 - Distribuição do consumo energético

Para os cálculos realizados foram utilizadas as metodologias propostas por Pimentel (1980) e Doering (1980), sendo considerada a energia incorporada do material (E_m), a de fabricação (E_f), a de reparos e a de manutenção (E_{RM}). Para o caso em questão utilizou-se a energia incorporada no aço (15.000 kcal/kg) e nos pneus (20.500 kcal/kg). A energia de fabricação para diversos equipamentos está tabelada pelo peso (excluídos pneus). A energia dos reparos corresponde a 1/3 do reparo total acumulado. A vida útil do equipamento corresponde a 82% da vida total e o custo energético deve ser corrigido de acordo com esta.

Desta maneira o consumo de energia para as máquinas e equipamentos utilizados na implantação dos canaviais e no transporte da cana-de-açúcar da lavoura até as unidades de processamento de aguardente e etanol combustível, está distribuído entre tratores, implementos e caminhões, conforme mostra a Tabela 4.4.

Em posse desses dados, juntamente com densidade de utilização, a vida útil adotada de 82% da vida total e a produtividade da cana de açúcar (TC/ha), obtém-se os seguintes custos energéticos para os equipamentos da tabela 4.5 e figura 4.5.

Tabela 4. 4- Energia na produção e Manutenção dos Equipamentos

Equipamento	Energia do Material (kcal/kg)	Energia de fabricação (kcal/kg)	Reparo total acumulado (%)	Energia dos reparos (Fração energ. Mat.+fabric.)	Coefficiente de vida útil
Tratores	*11.706	*3.488	89,1	0,297	0,82
Implementos	15.000	2061	92,6	0,309	0,82
Caminhões	15.000 20.500	3494	60,7	0,202	0,82

Fonte: DORIENG (1980)

Tabela 4. 5- Custos energéticos dos Equipamentos

Equipamentos	Energia do Material (kcal/ha)	Energia de fabricação (kcal/ha)	Energia para reparo e manutenção (ERM)	Energia material + fabricação corrigido pela vida útil (kcal/ha)	Energia total (kcal/ha)	Vida útil (anos)	Custo energético (kcal/TC)
Tratores	7.450.084	2.219.821	2.871.962	7.929.322	10.801.283	9,1	14.837
Implementos	2.384.250	327.596	836.876	2.223.714	3.060.589	10	3.826
Caminhões	3.375.000	786.150	841.801	3.412.143	4.253.944	10	5.317
Pneu (Caminhões)	40.500	157.230	40.001	162.139	202.139	5	505
Total	13.209.334	3.333.567	4.550.638	13.565.178	18.115.816	-	24.485

A energia resultante na utilização nos equipamentos corresponde á 24.485 kcal/TC.

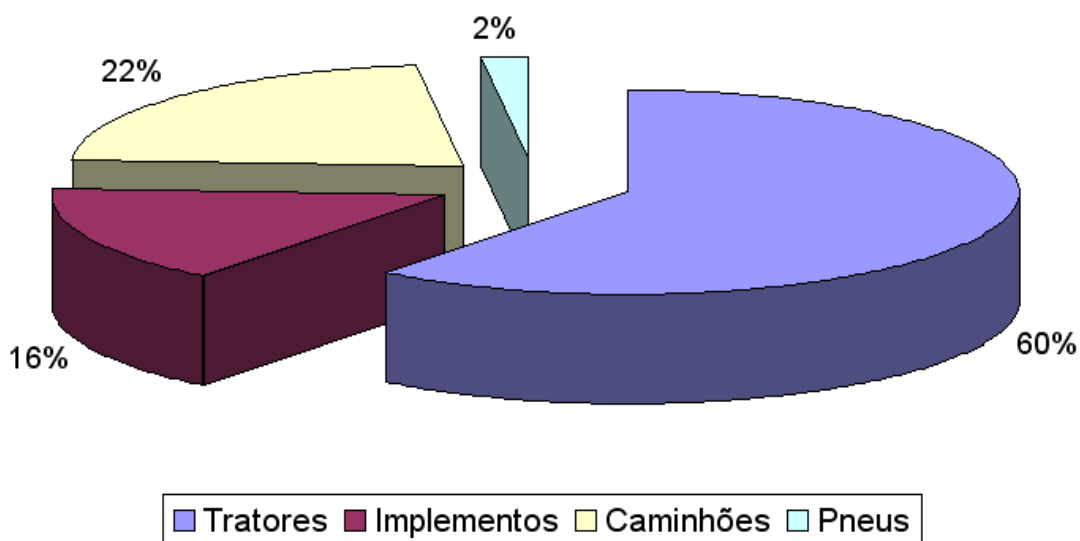


Figura 4.5 – Consumo energético- Maquinário

4.1.5 – Mudas

Nesta propriedade específica o consumo médio de mudas é de 12 toneladas por hectare a cada ciclo de seis anos. Neste caso, segundo o Macedo (2004) para cálculo do consumo energético os procedimentos da produção de mudas são equivalentes aos da lavoura, incrementando 3,0% no consumo energético final para representar o equivalente às mudas. Utilizou-se para o computo a equação 3.6, obtendo um consumo energético de 1.787 kcal/TC.

4.1.6 – Transporte da cana

Segundo a microdestilaria o trator de rodas e o método de transporte adotado, este equipamento possui uma capacidade de transportar cinco toneladas de cana por viagem. Consumindo em média 3,5 litros de diesel para cada quilometro rodado. A distância média entre a destilaria e o canavial e de 3,2 km.

Para o cálculo do consumo energético para o transporte da cana a utilizou-se equação a 3.7, obtendo-se um gasto energético de 1.924 kcal/TC.

4.1.7 - Combustíveis

Para o cálculo do consumo do combustível para fase agrícola utilizou-se os dados da SEAGRI (2004), especificando o consumo de diesel em cada fase do

cultivo. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2008), o poder calorífico do combustível utilizado (óleo diesel) corresponde a 8484 kcal/l, mas é necessário adicionar 2036 kcal/l, correspondente à produção, transporte e processamento, de acordo com Goldenberg (2004). Na Tabela 4.6, demonstra-se o consumo energético nas operações agrícolas e na figura 4.6 apresenta-se graficamente o consumo energético.

Tabela 4. 6- Consumo de combustível nas operações agrícolas.

Operação agrícola	Capacidade potencial (h/ha)	Consumo específico (L/ha)	% de consumo (combustível)
Aplicação de calcário	1,80	3,40	7,53
Gradagem pesada I	1,90	14,05	31,12
Gradagem pesada II	2,00	13,50	29,90
Gradagem de acabamento	2,50	5,20	11,52
Sulcação e adubação	1,00	9,00	19,93
Total	-	45,15	100,00

Fonte: SEAGRI (2010)

O consumo de combustível (óleo diesel) foi de 45,15 litros/ha, que corresponde a 1.988,3 MJ/ha ou 474.985,3 kcal/ha. Considerando-se a produtividade média de produção da cana de 67 TC/ha, o consumo de energia é de aproximadamente 29,7 MJ/TC ou 7089 kcal/TC. Não foram considerados os valores relativos ao consumo de combustíveis nos transportes (da fábrica até a fazenda), por estes representarem um pequeno percentual, além de variar de caso a caso.

Consumo de combustível: Fase agrícola.

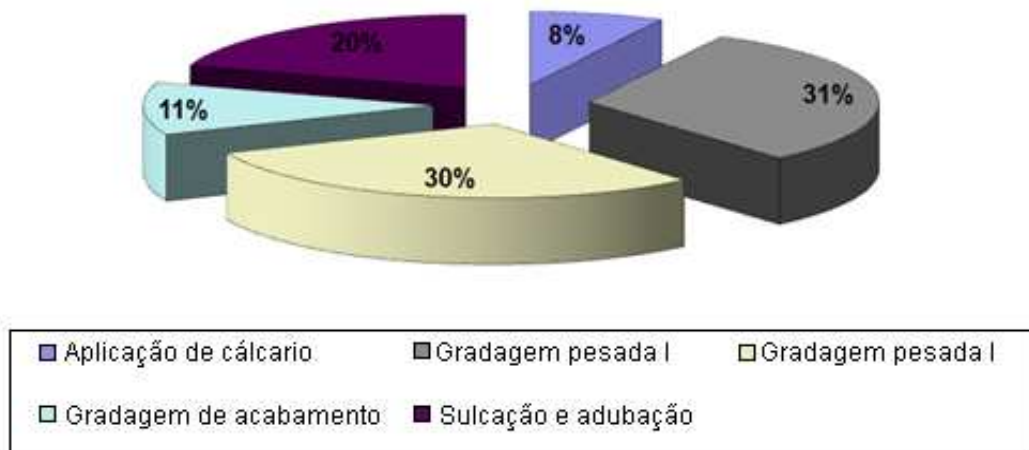


Figura 4. 6 - Distribuição de consumo de combustível por operação agrícola
Fonte: SEAGRI (2010)

4.1.8 - Fertilizantes

As variações da taxa de aplicação dos fertilizantes dependem de cada tipo de solo, e para determinar a quantidade de adubo para a cana-de-açúcar, existem vários métodos para a verificação da quantidade exata da taxa de aplicação. Um destes métodos utilizados por Malavolta (1979) considera a reposição ao solo dos elementos extraídos pela planta, que no caso da cana-de-açúcar, para cada 100 toneladas por hectare, demanda uma adubação de reposição de 132 kg de Nitrogênio (N), 17 kg de óxido de Fósforo (P_2O_2) e 133 de óxido de potássio (K_2O_2).

Utilizaram-se neste estudo os dados de Pimentel (1980), onde os indicadores energéticos utilizados para os fertilizantes representaram os seguintes valores: para o nitrogênio 14.700 kcal/kg, fósforo 2.300 kcal/kg, potássio 1.600 kcal/kg e 315 kcal/kg para o calcário.

Para o calcário a taxa de aplicação é de 2500 kg/ha de 4 (quatro) em 4 (quatro) anos na renovação dos canaviais. Assim, o consumo médio de energia embutida nos fertilizantes, é de 19.24.375 kcal/ha, o que representa um consumo de 28.720 kcal/TC conforme apresentado na Tabela 4.7.

Tabela 4. 7 - Taxas de aplicação e energia nos fertilizantes

Nutriente	*Taxa média anual de aplicação (kg/ha. ano)	Energia (kcal/kg)	Energia total consumida (kcal/ha)	Energia total consumida por TC (kcal/TC)
Nitrogênio	100	14.700	1.470.000	21.940
Fósforo	25	2.300	57.500	858
Potássio	125	1.600	200.000	2.982
Calcário	625	315	196.875	2.938
Total		18.915	1.924.375	28.720

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

Na figura 4.7 e apresentado graficamente à energia embutida nos fertilizantes utilizados na microdestilaria em questão.

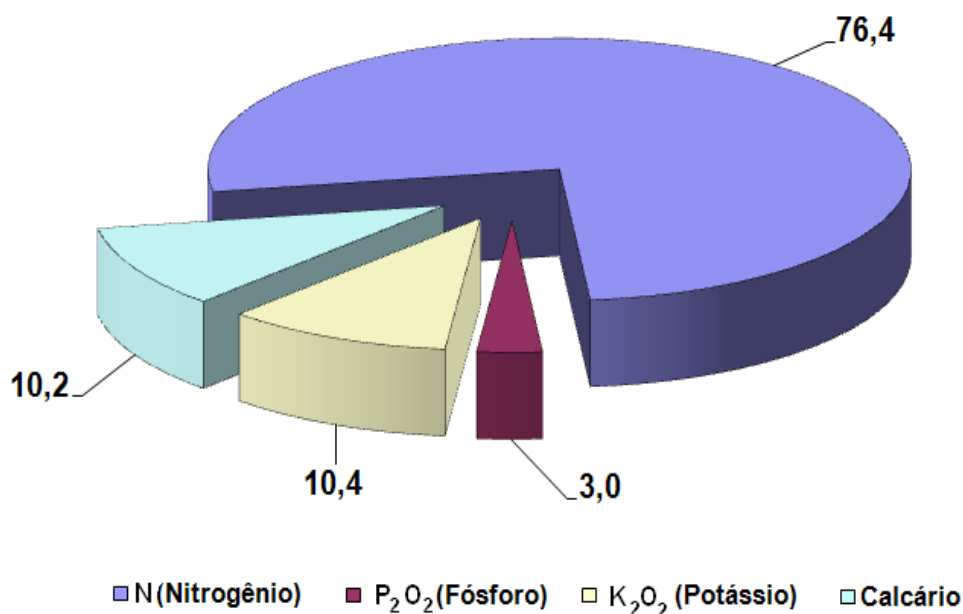


Figura 4. 7- Distribuição do Consumo de energia embutida nos fertilizantes

4.1.9 - Agrotóxico

Neste tópico serão apresentados os tipos de agrotóxico utilizado juntamente com o cálculo energético do mesmo.

4.1.9.1 - Herbicida

Neste estudo utilizou-se apenas um tipo de herbicida denominado Velpar k (Princípio ativo Diuron), sua principal função é o controle de ervas daninhas e controle químico de plantas indesejáveis. As vantagens da utilização deste produto é sua rapidez de ação, custo reduzido, efeito residual e não revolvimento do solo. A taxa de aplicação utilizada é em média, uma dose de 2,34 quilos por hectare, conforme a composição de plantas daninhas do local a ser tratado, segundo Dupont (2008). Para Pimentel (1980), o valor energético para o princípio ativo (Diuron) é de 64.290 kcal/kg. Em posse destes dados foi possível determinar o custo energético do herbicida, como demonstra a Tabela 4.8.

Assim, utilizando-se a Equação 3.5, a quantidade total de energia embutida nos defensivos é de 150.438 kcal/ha, que corresponde a 2.245 kcal/TC, considerando a produtividade média de 67 TC/ha.

Tabela 4. 8 - Custo energético para o Herbicida

Herbicida	Princípio ativo	Apresentação	Concentração (g/kg)
Velpar K WG	Diuron	Granulado	0, 468
Custo energético (kcal/kg)	Quantidade de uso (kg/ha)	Custo total (kcal/ha)	Custo Energético (kcal/TC)
64290	2,34	150438,6	2245,35

4.1.9.2 - Inseticida

O uso do inseticida, neste caso, não foi abordado como custo energético, pois nesta propriedade rural adota-se somente o controle biológico (vespas).

4.2 - Balanço energético agro-industrial

4.2.1 - Fases Industriais (Usina, microdestilaria).

Em uma usina ou microdestilaria de cana-de-açúcar vários processos e tecnologias são utilizadas nas diversas etapas de produção do etanol combustível estes processos podem ser representados de forma genérica, seguindo as etapas e tecnologias empregadas atualmente, como demonstra a Figura 4.8.

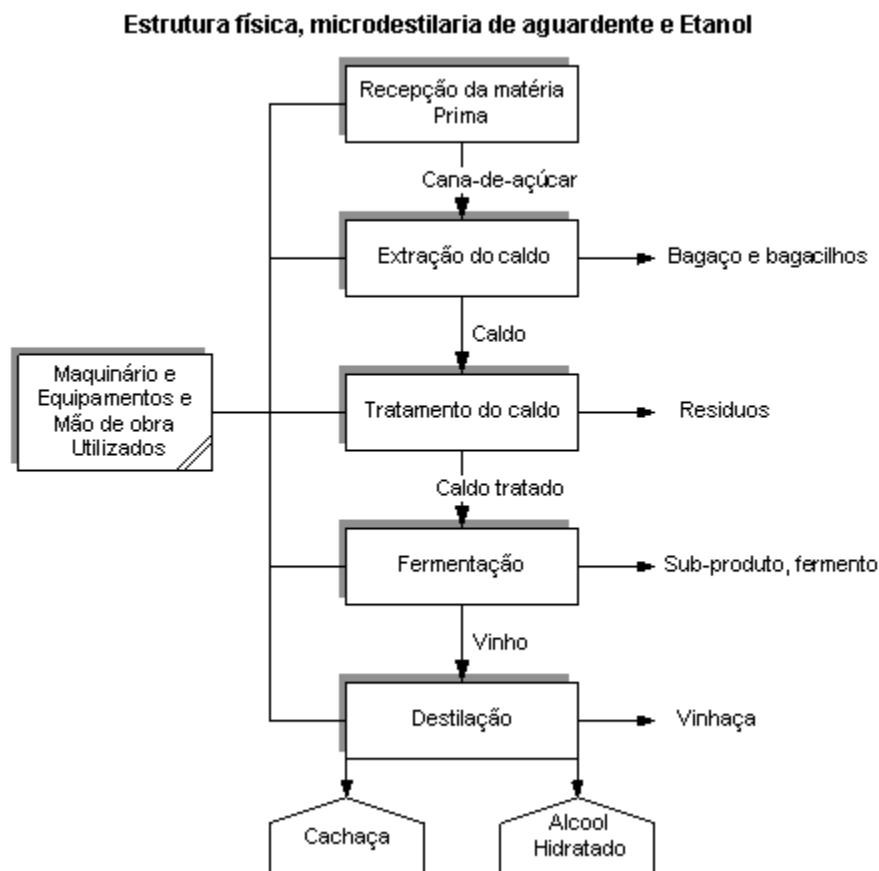


Figura 4. 8 - Processos de produção do etanol

Nesta etapa foram abordadas para o cálculo energético as seguintes fronteiras do sistema:

- Custo energético utilizado na construção e montagem de uma microdestilaria;
- Energia na fabricação dos equipamentos envolvidos no processo;
- Consumo de energia elétrica para acionamentos dos equipamentos;
- Consumo de outros energéticos (bagaço e lenha);

- Valor energético dos produtos produzidos (etanol e aguardente);
- Bagaço excedente (valor energético);
- Mão de obra necessária para fabricação do etanol.

4.2.2 - Edificações e equipamentos do setor industrial

A avaliação do uso de energia na construção e montagem de uma microdestilaria de etanol e aguardente pode ser realizada de modo mais superficial, por não representarem uma parcela significativa nos fluxos de energia envolvidos na produção.

Para o estudo abordado considerou-se uma microdestilaria com uma produção aproximada de 1000 litros de etanol/dia, trabalhando sete meses por ano e seis dias por semana, processando em média 1500 toneladas de cana por ano. Foram utilizados, também, para a avaliação os coeficientes estimados por Hannon (1977) e apud Macedo (2004), estudos que fornecem as exigências energéticas necessárias para as obras civis.

Tabela 4. 9 - Energia nas edificações

Descrição	Área (m ²)	Energia específica (kcal/m ²)	Energia total (kcal)
Prédio industrial	170	2,7 x 10 ⁶	45,9 x 10 ⁷
Escritório	20	4,5 x 10 ⁶	9,0 x 10 ⁷
Galpão armazenamento	150	1,7 x 10 ⁶	23,8 x 10 ⁷
TOTAL			78,7 x 10⁷

Através da Tabela 4.9, obtemos como resultado 78,7 x 10⁷ kcal para a energia incorporada nas edificações (Obra Civil).

Segundo Nogueira (1987), para os equipamentos existem duas parcelas de custo energético a considerar: a energia necessária para a produção do material e a energia utilizada na fabricação do equipamento. A energia necessária para a produção de aço bruto varia conforme o processo. Desta maneira os valores para os produtos podem ser adotados a partir dos dados utilizados, conforme Tabela 4.10.

Para a avaliação da energia consumida na fabricação dos equipamentos utilizou-se a Equação 3.9, e os seguintes itens apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4. 10 - Consumo de energia em alguns tipos de produtos

Produtos	Consumo de energia (kcal/kg)	
Aço forjado	28.000	Produto final
Aço estrutural	16.600	Produto final
Tratores	14.350	Produto final
Aço Inox (tubo, vasos)	16.600	Produto final
Aço Inox (Coluna de destilação)	22.000	Produto final

Fonte: Nogueira (1987).

O motivo desta utilização é a existência de uma ampla variação entre as microdestilarias existentes atualmente.

Tabela 4. 11 - Energia na fabricação dos equipamentos industriais

Equipamentos	Peso (kg)	Energia (kcal/kg)	Energia Total (kcal)
Esteira de bagaço (8 m)	3200	16600	53,12 x 10 ⁶
Moenda (25 CV)	2500	28000	70,00 x 10 ⁶
Caldeira	5000	14350	71,75 x 10 ⁶ (a)
Inox	625	22000	13,75 x 10 ⁶
Aço carbono	1750	16600	29,05 x 10 ⁶
Total			237,67 x10⁶

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2009)

Para a caldeira adotou-se o valor do energético estimado dos tratores conforme Nogueira (1987), sendo um equipamento com um peso de cinco toneladas e produção de 1000 kg de vapor / hora.

Foram atribuídos conforme Macedo (2004), para os cálculos das edificações e equipamentos, um custo energético de manutenção e reparos de 4% a.a e uma vida útil estimada de:

- Edificações: 50 anos;
- Equipamentos pesados (moeda, caldeira e esteira): 25 anos;
- Equipamentos leves (outros): 15 anos.

Conforme estes dados e adotando-se as equações 3.10 e 3.12 para as Edificações, obteve-se um custo energético total da microdestilaria de 51.344 kcal/TC, conforme demonstra a tabela 4.12, e representado graficamente de acordo com a Figura 4.9 a distribuição total do consumo energético kcal/TC da microdestilaria.

Tabela 4. 12 - Custo energético da microdestilaria

Descrição	Energia total 10 ⁶ kcal	Vida útil (anos)	Energia / ano (10 ⁶ kcal/ano)	Energia / ano (manutenção) (10 ³ kcal/ano)	Energia total (10 ⁶ kcal/ano)	Energia (kcal /TC (ano)
Edificações	787	50	15,7	629,6	16,4	12.216
Equipamentos pesados	194,9	25	7,8	311,8	8,1	6.050
Equipamentos leves	42,8	15	2,8	114,1	2,9	2.215
TOTAL	1.025	-	26,4	1.055	27,4	20.480

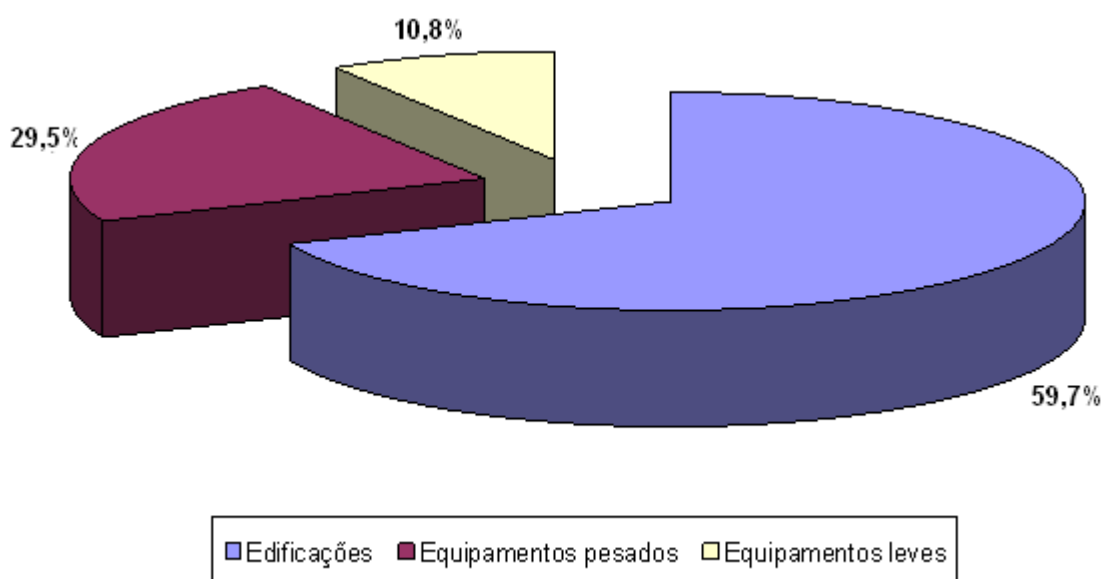


Figura 4. 9 - Distribuição do consumo energético na microdestilaria

4.2.3 - Utilização da energia elétrica no processo

Para a estimativa do consumo de energia elétrica adotou-se a potência instalada de todos os equipamentos utilizados nos processos e usufruindo como fonte de auxílio, o histórico das faturas da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2011), ou seja, é necessário ressaltar que 100% da energia utilizada nos processos e adquirida desta empresa. Na Tabela 4.13, apresenta-se o consumo dos equipamentos utilizados e na Tabela 4.14, o histórico do consumo de energia elétrica da CEMIG (2011).

Tabela 4. 13 - Consumo estimado de Energia fase Industrial

Equipamentos	Potência (Watts)	Quantidade	Consumo (potência total) (kW)	Utilização horas/mês	Consumo de energia (kWh) /mês
Lâmpadas	30 W	10	0,3	48	14,4
Computador	150 W	1	0,15	168	25,2
Notebook	75 W	2	0,15	168	25,2
Impressora	80 W	1	0,8	132	105,6
Moenda	18,4 kW	1	20,38	120	2445,6
Moto bomba	1,47 kW	3	5,31	24	127,44
Ventilador	0,16 kW	4	0,84	144	120,96
Motor	0,74 kW	2	0,93	36	33,48
Motor	3,7 kW	1	3,7	48	177,6

Fonte: Agroindustrial Serra Grande (2010)

Considerando que os dados utilizados para a estimativa do consumo de energia elétrica são aproximados, adotaram-se para esse balanço energético total, os valores faturados em questão. Obtém-se então como resultado para consumo correspondente de energia o valor aproximado 3,17 kWh/TC ou 2.725 kcal/TC, para uma área de 20 hectares com produtividade média de 67 TC/hectare trabalhando sete (7) meses por ano.

Tabela 4. 14 - Histórico do consumo de energia elétrica

Mês/ano	Consumo kWh
Janeiro/11	1.800
Dezembro/10	2.520
Novembro/10	1.600
Outubro/10	1.320
Setembro/10	680
Agosto/10	1.480
Julho/10	840
Junho/10	1.600
Mai/10	640
Abril/10	3.800
Março/10	3.720
Fevereiro/10	4.600
Janeiro/10	5.120
Média mensal	2.286
Total (anual)	29.720

Fonte: Cemig (2011)

4.3. Consumo de outros energéticos

Na Microdestilarias em questão, deve-se ressaltar que além da energia elétrica consumida no processo, utilizam-se ainda dois tipos de biomassa como fonte energética: a lenha e o bagaço da cana. Nos próximos dois itens trataremos melhor sobre estas fontes.

4.3.1 - Lenha

No computo energético da lenha, utiliza-se a Equação 3.8 e um Poder Calorífico Inferior igual a 3100 kcal/m^3 e uma densidade de 390 kg/m^3 , segundo dados do BEN (2007). Conforme os dados coletados na Microdestilaria, a quantidade de lenha utilizada no processo e em média de 1200 kg ou $3,12 \text{ m}^3$, esta quantidade é destinada somente para iniciar a queima na caldeira, após esta etapa, este energético é substituído pelo bagaço gerado pela própria propriedade. Em posse desses dados, pode-se determinar o consumo energético da lenha, Tabela 4.15.

Obteve-se como resultado um consumo energético mensal anual de 2.776 kcal/TC , ou seja, no período de sete meses de trabalho durante o ano.

Tabela 4. 15 - Consumo energético da lenha.

Descrição	Lenha consumida (kg/ano)	PCI (kcal/kg)	Energia total (kcal)	Energia (kcal/TC)
Lenha	1200	3100	3720000	2.776

4.3.2 - Bagaço

A quantidade de bagaço gerada pela propriedade e em média de 300 kg por tonelada de cana processada, ou seja, 30% de fibras, apresentando em média 50% de umidade que resulta em 150 kg de bagaço seco, com poder calorífico inferior igual a 2130 kcal/kg, conforme o BEN (2007). Para o peso total anual de bagaço produzido pela microdestilaria utilizou-se a Equação 3.13 forneceu como resultado o valor de 201.000 quilos e uma energia de 319.500 kcal/TC, conforme a tabela 4.16.

Tabela 4. 16 - Bagaço utilizado na propriedade

Descrição	Bagaço (kg)	PCI	Energia total (kcal)	Energia (kcal/TC)
Bagaço Total	201000	2130	428130000	319.500

Nesta próxima etapa foi calculado o bagaço excedente e o bagaço utilizado juntamente com o valor energético específico de cada um. Para a elaboração deste cálculo utilizou-se duas etapas, ou seja, uma etapa para o consumo na propriedade (Tabela 4.17 e Equação 3.14) e outro para o bagaço excedente (Tabela 4.18), através da Equação 3.15.

Tabela 4. 17 - Bagaço utilizado na propriedade

Descrição	Bagaço (kg)	PCI	Energia total (kcal)	Energia (kcal/TC)
Bagaço Utilizado	151200	2130	322056000	240.340

Nesta etapa obteve-se como resultado para o bagaço utilizado pela microdestilaria uma quantidade de 151.200 quilos e uma energia de 319.500 kcal/TC.

Tabela 4. 18 - Bagaço excedente

Descrição	Bagaço (kg)	PCI	Energia total (kcal)	Energia (kcal/TC)
Bagaço Excedente	49800	2130	106074000	79.160

Para o bagaço excedente, resultou-se em uma sobra de 49.800 quilos de bagaço seco, com um valor energético agregado de 79.160 kcal/TC. Na Figura 4.10, pode-se verificar a porcentagem do bagaço excedente e utilizado.

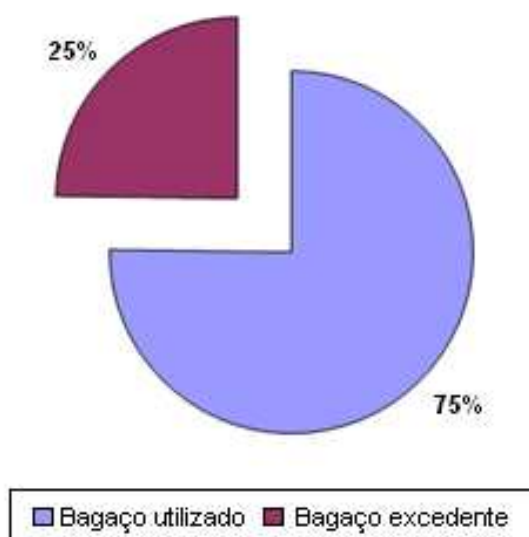


Figura 4. 10 - Porcentagem da utilização do bagaço.

4.4 - Análise da produção do etanol na microdestilaria

No processamento industrial do etanol hidratado, obteve-se em média uma produção de 60 litros por tonelada de cana, com 94,5% de pureza, conforme dados da Microdestilaria (2009). Para determinar o valor energético do etanol neste sistema adotou-se a Equação 3.16, um PCI de 6300 kcal/kg com densidade de 803 kg/m³, segundo BEN (2007), e área de cultivo total de 20 hectares com uma produção média da cana por hectare. Deste modo obteve se como resultado um valor energético mensal de 54.771 kcal/TC e um valor anual de 383.394 kcal/TC, Tabela 4.19.

Na Figura 4.11, pode-se observar a energia total resultante da produção do etanol e bagaço excedente.

Tabela 4. 19- Energia no etanol hidratado produzido.

Descrição	Etanol produzido (litros)	PCI (kcal/kg)	Densidade do etanol (kg/litro)	Energia total (kcal)	Energia (kcal/TC)
Etanol mensal	14.400	6.300	0, 809	73.392.480	54.771
Etanol anual	100.800	6.300	0, 809	513.747.360	383.394

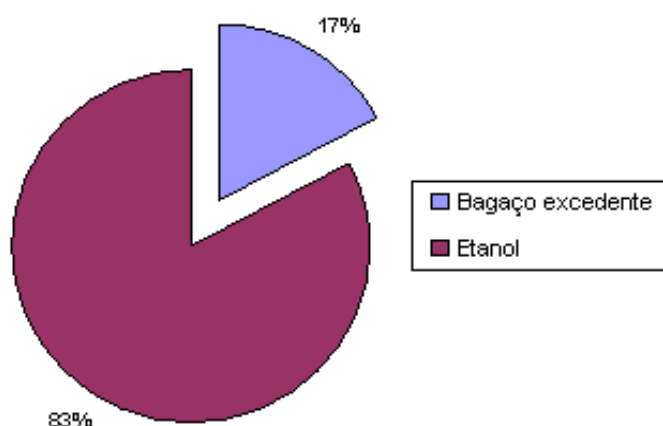


Figura 4. 11 - Porcentagem energética do etanol e do bagaço excedente

4.5 - Balanços de energia na produção de etanol em microdestilaria

Os resultados obtidos em relação ao consumo de energia no setor agrícola, representados na Tabela 4.20 e na Figura 4.12, mostram que o fertilizante é responsável pelo maior índice de consumo energético com 21.219 kcal/TC, ou seja, 35% do total, este fato é devido à grande quantidade de energia embutida em sua produção, empacotamento e transporte.

Analisando-se os resultados do setor industrial na Tabela 4.21 e figura 4.13, constata-se que no setor de destilação, as edificações é o que representou o maior índice de consumo energético, devido a seu grande poder calorífico incorporado em seus materiais.

Tabela 4. 20- Consumo de energia, setor agrícola

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Operações agrícolas	7.089
Transporte	1.924
Fertilizantes (NPK)	25.784
Calcário	2.938
Herbicidas	2.245
Isenticidas	0
Mudas	1.787
Trator	14.837
Implementos	3.826
Caminhões	5.821
Total	66.251

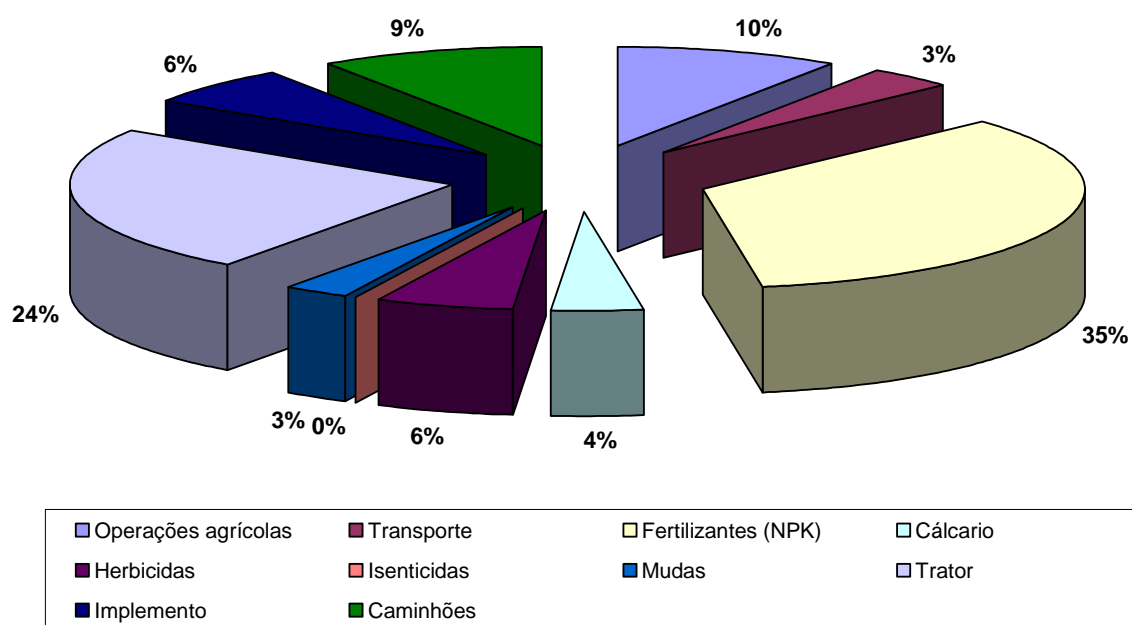


Figura 4. 12 - Distribuição do consumo energético, fase agrícola.

Tabela 4. 21- Consumo de energia, setor industrial.

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Lenha	2.776
Energia elétrica	2.725
Lubrificantes	170
Edificações	12.216
Equipamentos pesados	6.050
Equipamentos Leves	2.215
Total	26.152

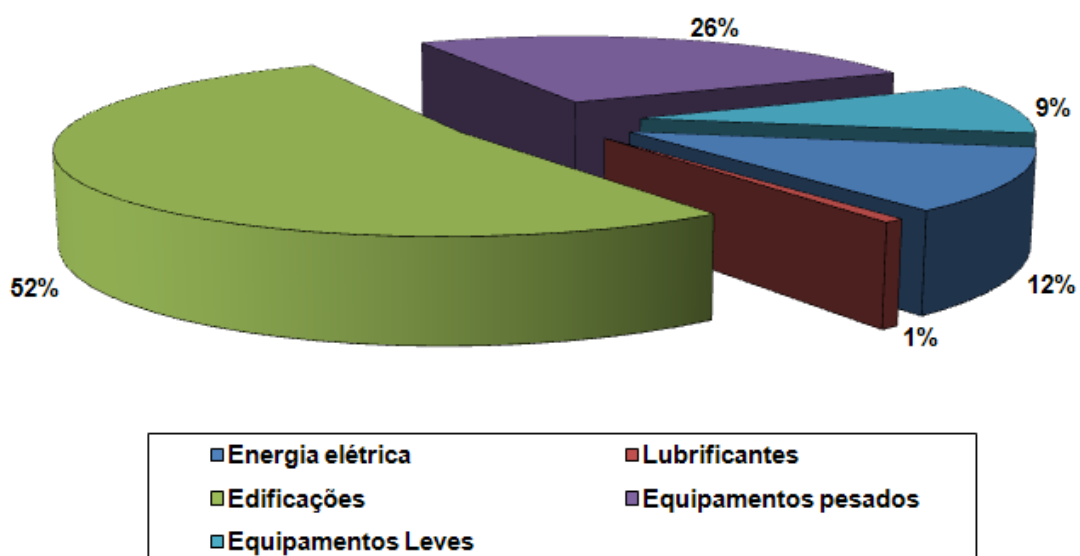


Figura 4. 13 - Consumo energético setor industrial

Os resultados adquiridos neste estudo sobre as microdestilarias do Sul de Minas Gerais são representados nas Tabelas 4.22 e 4.23. Observação não se faz a distinção entre as formas de energia (térmica e elétrica).

Tabela 4. 22 - Balanço Energético Geral (Setor agrícola)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Nível – 1	
Operações agrícolas	7.089
Transporte	1.924
Subtotal	9.013
Nível – 2	
Fertilizantes (NPK)	25.784
Calcário	2.938
Herbicidas	2.245
Isenticidas	0
Mudas	1.787
Subtotal	32.754
Nível – 3	
Trator	14.837
Implementos	3.826
Caminhões	5.821
Subtotal	24.484
Mão de obra	1.570
Total	66.252

Tabela 4. 23 - Balanço Energético Geral (Fase Industrial)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Nível – 1	
Lenha	2.776
Energia elétrica	2.725
Nível – 2	
Lubrificantes	170
Nível – 3	
Edificações	12.216
Equipamentos pesado	6.050
Equipamentos Leves	2.215
Total	26.152
Produtos e subprodutos	
Item	Energia (kcal/TC)
Etanol hidratado	383.394
Bagaço	79.160
Total	462.554

O potencial de energia que o sistema apresenta através de seus produtos e subprodutos são de grande importância no balanço energético final, visto que o

produto do processamento da cana, o etanol e o subproduto, o bagaço, apresentam um grande valor energético global. A relação entre a energia consumida e potencial energético total e apresentado na Tabela 4.24.

Tabela 4. 24 - Consumo e geração de energia na produção de cana e etanol na microdestilaria

Análise produção/insumo (Microdestilaria)		
	Insumo	Produção
Agricultura	66.252	-
Indústria	20.651	-
Lenha	2.776	
Energia Elétrica	2.725	
Etanol produzido	-	383.394
Bagaço excedente	-	79.160
Total	88.564	462.554
Relação produção /insumo		5,01

Segundo esses dados, a relação entre os fluxos energéticos na entrada e na saída do sistema produtivo completo do etanol, incluindo a produção de cana e a microdestilaria (análise *Input-Output*), foi estimada em 5,01: 1, significando um ganho energético de 4,01.

As Figuras (4.14 e 4.15) apresentam respectivamente os fluxos de energia para as microdestilarias abordadas neste estudo e o estudo realizado por Seabra (2008) para as grandes destilarias. Permitindo também comparar o quadro das grandes unidades de produção com as microdestilarias, apresenta-se na Tabela 4.25, os resultados das análises de Input/Output realizados por Macedo (2004), CTC (2006) e Seabra (2008) e o presente estudo, realizado em 2008. Nessa tabela fica evidente a grande diferença nos fluxos energéticos específicos entre as grandes destilarias e microdestilarias, ou seja, as grandes destilarias obtiveram um ganho energético 46% maiores do que foi estimado para a microdestilaria em questão. As diferenças mais significativas foram observadas nos custos energéticos associados aos equipamentos da planta industrial e à produção de cana. Além disso, as menores produtividades globais, em litros de etanol por tonelada de matéria prima processada (75 l/TC nas grandes destilarias e 60 l/TC nas microdestilarias), decorrentes principalmente das diferenças nos processos de extração, fermentação e destilação, justificam o maior consumo de energia por unidade de produto nas microdestilarias.

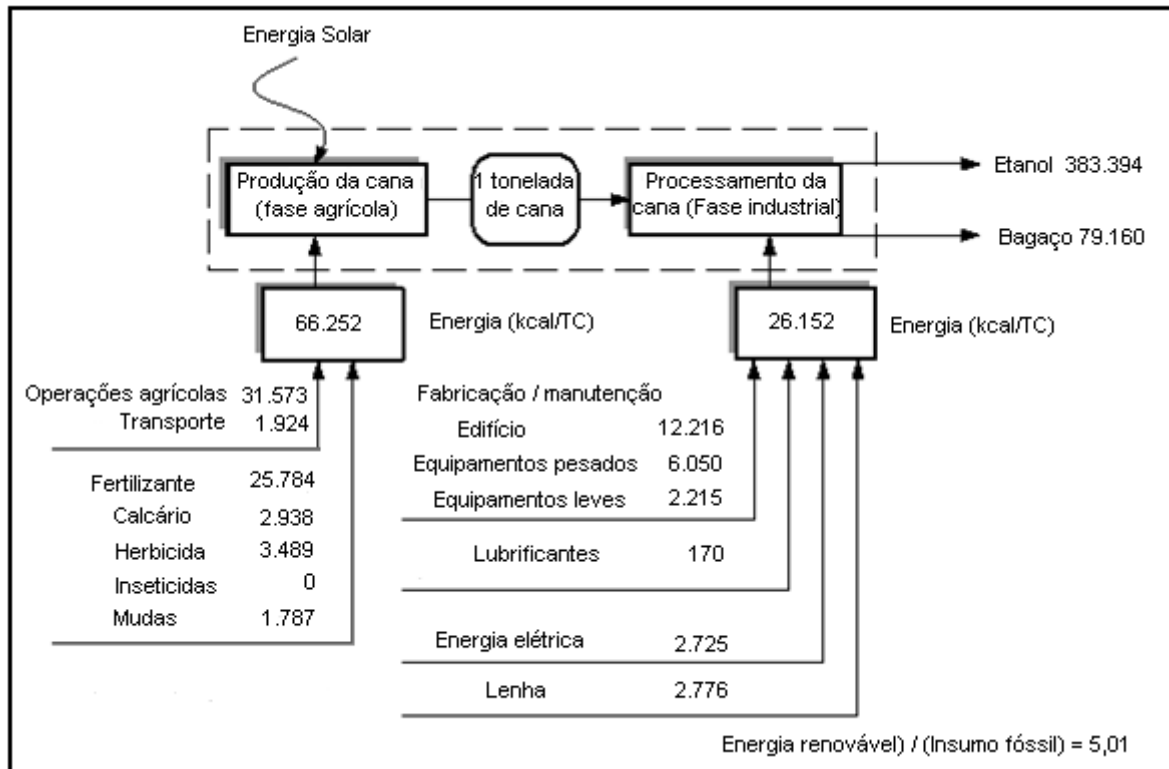


Figura 4. 14 - Fluxos de energia em (kcal/TC) na produção de etanol em uma microdestilaria

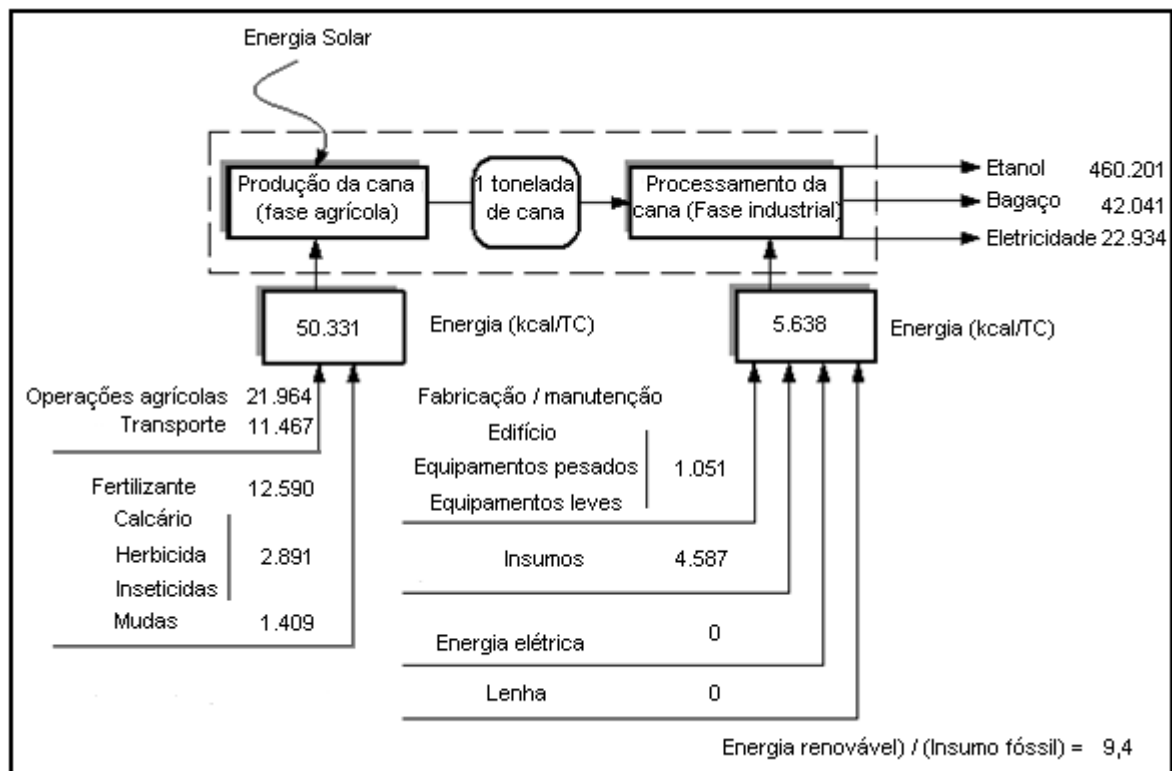


Figura 4. 15 - Fluxos de energia em (kcal/TC) na produção de etanol em grandes destilarias (Seabra, 2008)

Tabela 4. 25 - Resultados produção/insumo vários estudos.

Etapas	Microdestilaria 2008 (Estudo atual, 2010)		Grandes destilarias 2002 (Macedo, 2004)		Grandes destilarias 2005/2006 (Seabra, 2008)		Grandes destilarias 2020 (Seabra, 2008)	
	Insumo	Produção	Insumo	Produção	Insumo	Produção	Insumo	Produção
Agricultura	66.412	-	48.208	-	45.426	-	56.976	-
Indústria	20.651	-	11.825	-	11.027	-	5.733	-
Lenha	2.776	-	0	-	0	-	0	-
Energia Elétrica	2.725	-	0	-	0	-	0	-
Etanol produzido	-	113.494	-	458.982	-	477.600	-	492.188
Bagaço excedente	-	383.394	-	40.301	-	41.900	-	-
Eletricidade	-	-	-	-	-	-	-	265.361
Total	92.404	462.554	60.033	499.283	56.453	519.500	62.709	757.549
Produção /Insumo	5,01		8,32		9,4		12,08	

4.6 – Análise econômica da microdestilaria

As atividades de planejamento para implantação de uma planta industrial na produção de etanol e aguardente estão condicionadas por aspectos legais e também por disponibilidade de matéria prima, recursos financeiros e pela tecnologia disponível de produção. Desta maneira torna-se necessário a realização de uma análise econômica para determinar a viabilidade de implantação de uma unidade industrial. Nos próximos itens trataremos melhor do dimensionamento da empresa, equipamento necessário, e propriamente dito uma análise financeira para as microdestilarias.

4.6.1 - Equipamentos necessários a microdestilaria

Segundo dados concedidos pelo Centro de Tecnologia em Cachaça (CTC/CANA BRASIL, 2010), os valores médios dos produtos e serviços necessários para montagem e operação de uma microdestilaria de etanol e aguardente para trabalhar com uma produção aproximada de 1000 litros por dia, e uma área de 20 hectares de cana cultivada, estão representados na Tabela 4.26, juntamente com a quantidade e o tipo de equipamento necessário para a produção.

Tabela 4. 26 - Custo de montagem de uma microdestilaria de Etanol e Aguardente

Equipamento	R\$ /unidade	Quantidade necessária	Total
Alambique	R\$ 19.480,00	2	R\$ 38.960,00
Pré-Aquecedor	R\$ 18.900,00	2	R\$ 37.800,00
Filtro	R\$ 2.350,00	1	R\$ 2.350,00
Resfriador	R\$ 6.320,00	1	R\$ 6.320,00
Tonel de Armazenamento	R\$ 6.380,00	6	R\$ 38.280,00
Caixa de Recepção	R\$ 2.835,00	2	R\$ 5.670,00
Moenda	R\$ 31.517,00	1	R\$ 31.517,00
Dorna de fermentação	R\$ 2.334,00	15	R\$ 35.010,00
Decantador	R\$ 1.819,00	1	R\$ 1.819,00
Caldeira	R\$ 42.750,00	1	R\$ 42.750,00
Tanque de Diluição	R\$ 1.586,00	2	R\$ 3.172,00
Esteira	R\$ 8.720,00	1	R\$ 8.720,00
Engarrafadora	R\$ 1.150,00	1	R\$ 1.150,00
Motobomba	R\$ 950,00	3	R\$ 2.850,00
Mesa de Luz	R\$ 275,00	1	R\$ 275,00
Tanquinho Pré enxágue	R\$ 1.375,00	1	R\$ 1.375,00
Tanque com fundo cônico	R\$ 2.700,00	1	R\$ 2.700,00
Laboratório	R\$ 2.535,00	1	R\$ 2.535,00
Máquina de cravar tampa	R\$ 1.200,00	1	R\$ 1.200,00
Coluna de destilação	R\$ 10.900,00	1	R\$ 10.900,00
Projeto de fábrica	R\$ 2.500,00	1	R\$ 2.500,00
Subtotal		R\$ 277.853,00	
Mão de obra		R\$ 16.671,18	
Total		R\$ 294.524,18	

Fonte: Centro de Tecnologia da Cachaça – Cana Brasil (2011)

4.6.2 - Custos de produção da cana de açúcar (fase agrícola)

Os custos de produção da cana para a formação e manutenção foram adotados os custos por hectare, segundo EMBRAPA (2010). Para este caso abordado, a propriedade analisada possui uma área de cultivo de 20 hectares e ciclos de cinco cortes (um ano e meio cana planta e um ano para cana soca). Em posse destes dados pode-se calcular o custo total em Reais, demonstrado na Tabela 4.27 e no Anexo B, os custos detalhados da formação e manutenção do canavial.

Tabela 4. 27 - Custo de produção da cana de açúcar.

Corte	Custo R\$ / hectare	20 hectares R\$/ano
Cana planta	2.106,69	42.138,00
1ª soca	623,04	12.460,80
2ª soca	623,04	12.460,80
3ª soca	623,04	12.460,80
4ª soca	623,04	12.460,80
Média	919,77	18.396,24

Fonte: EMBRAPA (2011)

4.6.3- Benefício: Venda do etanol e aguardente

Para o cálculo do benefício líquido gerado para a microdestilaria adotam-se como premissas a produção total de etanol e aguardente produzida pela destilaria e o valor de venda de mercado para cada tipo de produto, Tabela 4.28, para este caso utilizaram-se as Equações 3.17 e 3.18 para o cálculo.

Tabela 4. 28 – Benefício líquido da aguardente e etanol produzido

Produto	Toneladas de cana total anual	Produção de litros/TC	Venda (R\$/litro)	Custo (R\$)	Benefício Bruto R\$/ano	Benefício líquido (R\$) / ano
Etanol hidratado	1340	60	1,10*	49.501	88.928	22.512
Aguardente	1340	100	1,5**	49.501	201.000	151.499

Fonte: * CEPEA, 2011 preço médio do ano de 2011. (valor pago ao produtor)

**Preço médio de venda fornecido pelos alambiques do Sul de Minas Gerais

4.6.4 - Consumo de eletricidade na microdestilaria

Os dados fornecidos pela microdestilaria sobre o consumo de eletricidade na fase agroindustrial se dá através das faturas mensais da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2009). O consumo mensal e os valores totais das faturas durante os 12 meses estão apresentados na Tabela 4.29. Deve-se ressaltar que no mês de outubro de 2009, não houve consumo pelo motivo de manutenção da rede e limpeza do local de trabalho, além do mais se destaca uma grande variação do consumo de energia elétrica durante os meses de dezembro de 2008 a novembro de 2009.

Tabela 4. 29 - Histórico do consumo de energia elétrica microdestilaria

Referência (mês/ano)	Consumo (kWh)	Valor
Nov/10	2.640	R\$ 1.234,44
Out/10	0	R\$ 37,67
Set/10	4.200	R\$ 1.963,63
Ago/10	3.760	R\$ 1.758,15
Jul/10	7.040	R\$ 3.283,99
Jun/10	1.800	R\$ 840,00
Mai/10	2.520	R\$ 1.176,76
Abr/10	1.600	R\$ 877,43
Mar/10	1.320	R\$ 745,57
Fev/10	680	R\$ 382,34
Jan/10	1.480	R\$ 833,90
Dez/09	840	R\$ 472,53
Total ano		R\$ 13.606,41
Média (mês)		R\$ 1.133,87

Fonte: CEMIG (2010)

4.6.5 - Fluxos de caixa Microdestilaria

Na realização do cálculo do fluxo de caixa para a formação do canavial, adotaremos o cultivo de 10 hectares para o primeiro ano e 10 hectares para o segundo ano. Essa divisão é realizada para minimizar a perda de produção na hora da renovação da cana após as cinco socas ou cortes, é necessária a renovação de 10 hectares ao invés de 20 hectares onde não haveria nenhuma produção neste ano. Podemos detalhar melhor este processo de cultivo, ou seja, para formação

dos 10 hectares iniciais seria necessário um investimento de R\$ 21.067,00 para a formação adotando o custo por hectare, segundo a EMBRAPA (2010), cujo valor é de R\$ 2.106,90, obtendo assim uma produção de 900 toneladas de cana, ou seja, 90 toneladas de cana/hectare.

Já no segundo ano, utilizamos 120 toneladas da cana produzida no primeiro ano para a formação dos 10 hectares remanescentes, restando 780 toneladas de cana, na qual poderá ser comercializada pelo valor de R\$ 37,50 a tonelada, segundo o Conselho dos Produtores de cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA 2009), obtendo uma renda de R\$ 29.250,00, possibilitando o pagamento total do plantio deste segundo ano e restando ainda R\$ 1.953, 00. E a partir do segundo ano o investimento com o canavial ficaria em um valor médio de R\$12.461,00, por ano, para a manutenção e mão de obra, apresentado na Tabela 4.30.

Tabela 4. 30 - Valores para a formação do canavial

Descrição	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Custo R\$	21.067	27.297	12.461	12.461	12.461	12.461
Produção TC	900	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
Venda TC	-	780		-	-	-
Venda da cana R\$	-	29.250		-	-	-
Total	21.067	1.953	-12.461	-12.461	-12.461	-12.461

*TC Toneladas de cana

** Média da produção da cana

OBS.; Para a manutenção do canavial o custo médio segundo a Embrapa (2010) é de R\$ 623,04 por hectare de terra. O valor detalhado de cada etapa cultivo está presente no anexo 3.

- Taxa Mínima de atratividade (TMA)

Adotou-se como taxa mínima de atratividade o rendimento líquido oferecido pela caderneta de poupança, (6,5 % a.a), por ser considerada a aplicação mais segura e estável do mercado financeiro no Brasil. A inflação incidente sobre o rendimento oferecido pela poupança é desconsiderada, portanto a TIR calculada representa também o rendimento líquido propiciado pelo investimento, sem influência da inflação.

✓ **Fluxo de Caixa - Etanol hidratado:**

Para obtenção do fluxo de caixa para produção do etanol utilizam-se os valores de investimento dos equipamentos necessários para a produção de etanol hidratado cedidos pelo Centro de Tecnologia da Cachaça (2011), com valores em reais e quantidade de equipamentos necessários, conforme Tabela 4.31.

O valor total de investimento para os equipamentos de produção de etanol foi de R\$ 150.083,00 e para o valor de comercialização do etanol hidratado adotou-se o valor médio de R\$ 1,10 litro, para o período de 07/2010 a 07/2011, segundo CEPEA/ESALQ (2010), conforme demonstra a Figura 4.16 e Figura 4.17 que apresenta o fluxo de caixa para a produção do etanol combustível hidratado.

Tabela 4. 31 - Quantidade e valor de montagem de uma microdestilaria de etanol hidratado.

Equipamento	R\$ /unidade	Quantidade	Total
Filtro	R\$ 2.350,00	1	R\$ 2.350,00
Moenda	R\$ 31.517,00	1	R\$ 31.517,00
Dorna de fermentação	R\$ 2.334,00	15	R\$ 35.010,00
Decantador	R\$ 1.819,00	1	R\$ 1.819,00
Caldeira	R\$ 42.750,00	1	R\$ 42.750,00
Tanque de Diluição	R\$ 1.586,00	2	R\$ 3.172,00
Esteira	R\$ 8.720,00	1	R\$ 8.720,00
Moto bomba	R\$ 950,00	3	R\$ 2.850,00
Coluna de destilação	R\$ 10.900,00	1	R\$ 10.900,00
Projeto de fábrica	R\$ 2.500,00	1	R\$ 2.500,00
Subtotal		R\$ 141.588,00	
Mão de obra		R\$ 8.495,28	
Total		R\$ 150.083,28	

Fonte: Centro de tecnologia em cachaça – Cana Brasil - 2011

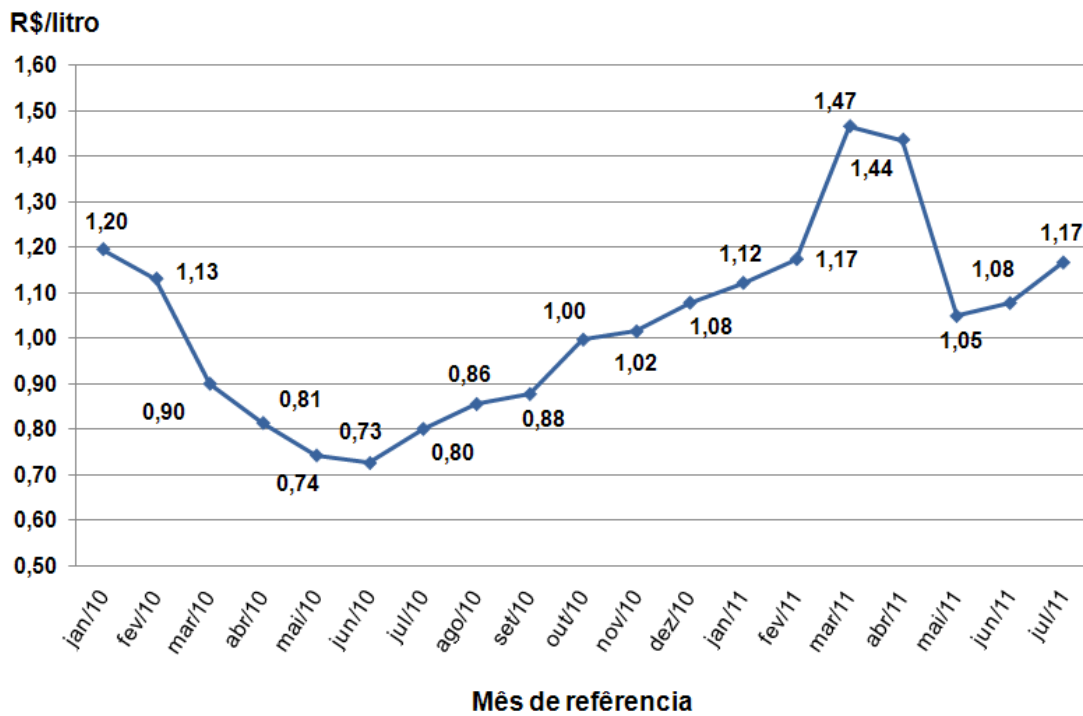


Figura 4. 16 – Indicador mensal do etanol hidratado combustível (03/2009 à 02/2010).
 Fonte: CEPEA/ESALQ (2011).

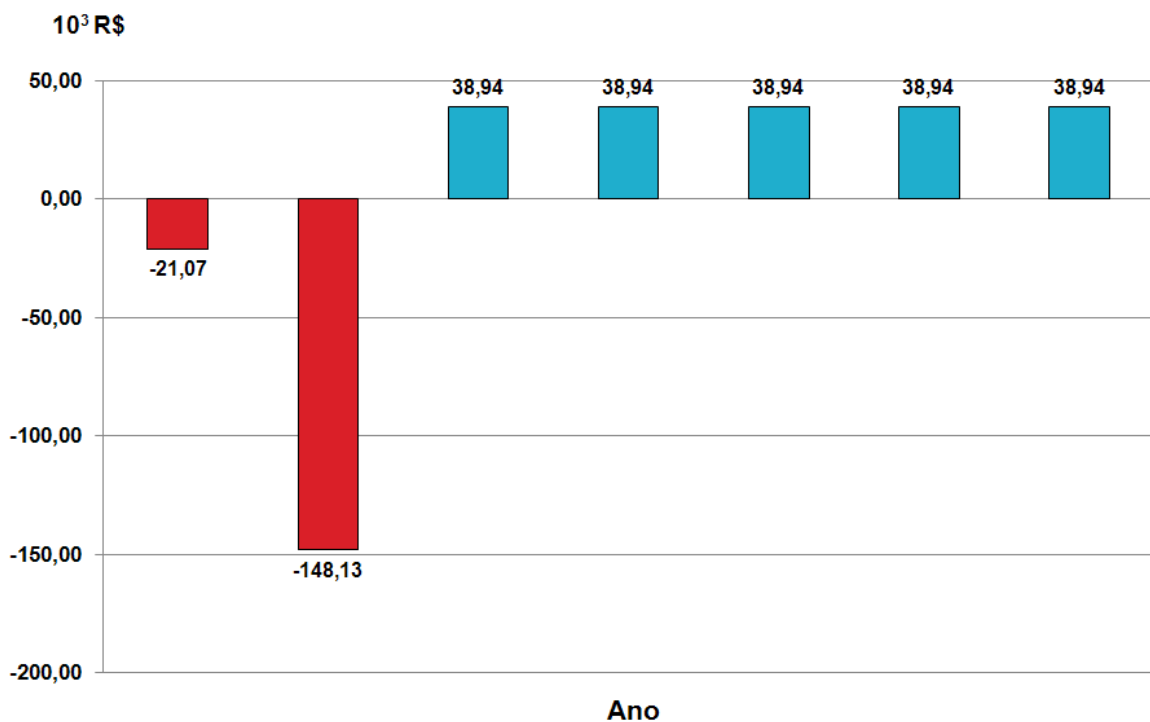


Figura 4. 17 - Produção de etanol hidratado

Em posse destes dados e utilizando a ferramenta do Microsoft Office Excel, encontrou-se uma TIR de 45% e uma TR do projeto (2,6 anos).

✓ Fluxo de caixa - Aguardente

Para a montagem da destilaria para produção da aguardente são necessários os equipamentos mostrados na Tabela 4.32, segundo CTC/CANA BRASIL (2009).

Em consulta a pequenas destilarias de aguardente do Sul de Minas Gerais encontrou-se um valor médio da comercialização por litro equivalente a R\$ 1,50. Segundo a EMBRAPA (2010) o valor da aguardente na destilaria varia de R\$ 1,30 a R\$ 2,50 por litro. Na Figura 4.18, apresentamos o fluxo de caixa para a produção da aguardente.

Tabela 4. 32 - Quantidade e valor de montagem de uma microdestilaria de aguardente.

Equipamento	R\$ /unidade	Quantidade	Total
Alambique	R\$ 19.480,00	2	R\$ 38.960,00
Pré-Aquecedor	R\$ 12.525,00	2	R\$ 25.050,00
Filtro	R\$ 2.350,00	1	R\$ 2.350,00
Resfriador	R\$ 6.320,00	1	R\$ 6.320,00
Tonel de Armazenamento	R\$ 6.380,00	6	R\$ 38.280,00
Caixa de Recepção	R\$ 2.835,00	2	R\$ 5.670,00
Moenda	R\$ 31.517,00	1	R\$ 31.517,00
Dorna de fermentação	R\$ 2.334,00	15	R\$ 35.010,00
Decantador	R\$ 1.819,00	1	R\$ 1.819,00
Caldeira	R\$ 42.750,00	1	R\$ 42.750,00
Mesa de luz	R\$ 275,00	1	R\$ 275,00
Tanquinho Pré enxágüe	R\$ 1.375,00	1	R\$ 1.375,00
Tanque com fundo cônico	R\$ 2.700,00	1	R\$ 2.700,00
Laboratório	R\$ 2.535,00	1	R\$ 2.535,00
Tanque de Diluição	R\$ 1.586,00	2	R\$ 3.172,00
Esteira	R\$ 8.720,00	1	R\$ 8.720,00
Engarrafadora	R\$ 1.150,00	1	R\$ 1.150,00
Moto bomba	R\$ 950,00	3	R\$ 2.850,00
Máquina de cravar tampa	R\$ 1.200,00	1	R\$ 1.200,00
Projeto de fábrica	R\$ 2.500,00	1	R\$ 2.500,00
Subtotal		R\$ 254.203,00	
Mão de obra		R\$ 15.252,18	
Total		R\$ 269.455,18	

Fonte: Centro de Tecnologia da Cachaça – Cana Brasil (2011)

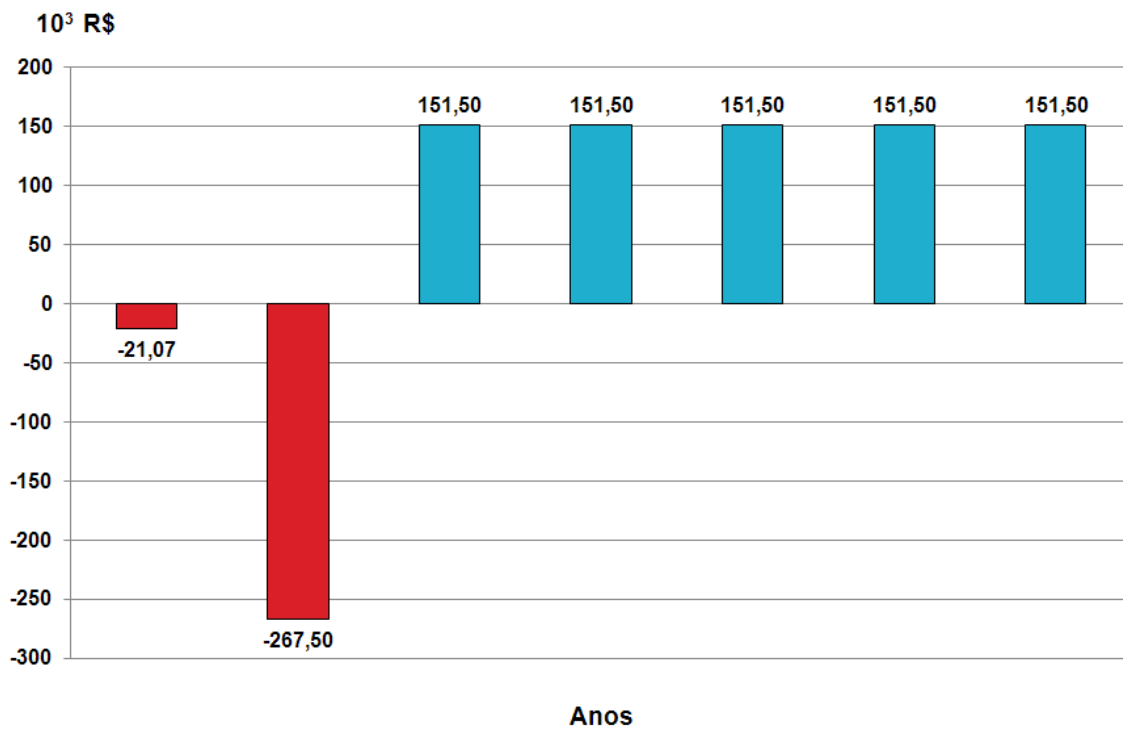


Figura 4. 18 - Produção de aguardente.

Para este tipo de produção a TIR encontrada foi de 47% e um tempo de retorno de 2,5 anos, ou seja, um excelente investimento com um curto período de retorno do capital investido.

Fluxo de caixa – Produção combinada etanol e aguardente

Os valores de investimento para os equipamentos necessários para a produção de etanol e aguardente são demonstrados na Tabela 4.33:

Tabela 4. 33- Custos de montagem de uma microdestilaria de Etanol e Aguardente

Equipamento	R\$ /unidade	Quantidade	Total
Alambique	R\$ 19.480,00	2	R\$ 38.960,00
Pré-aquecedor	R\$ 12.525,00	2	R\$ 25.050,00
Filtro	R\$ 2.350,00	1	R\$ 2.350,00
Resfriador	R\$ 6.320,00	1	R\$ 6.320,00
Tonel de armazenamento	R\$ 6.380,00	6	R\$ 38.280,00
Caixa de recepção	R\$ 2.835,00	2	R\$ 5.670,00
Moenda	R\$ 31.517,00	1	R\$ 31.517,00
Dorna de fermentação	R\$ 2.334,00	15	R\$ 35.010,00
Decantador	R\$ 1.819,00	1	R\$ 1.819,00
Caldeira	R\$ 42.750,00	1	R\$ 42.750,00
Tanque de Diluição	R\$ 1.586,00	2	R\$ 3.172,00
Esteira	R\$ 8.720,00	1	R\$ 8.720,00
Engarrafadora	R\$ 1.150,00	1	R\$ 1.150,00
Motobomba	R\$ 950,00	3	R\$ 2.850,00
Mesa de luz	R\$ 275,00	1	R\$ 275,00
Tanquinho Pré enxágüe	R\$ 1.375,00	1	R\$ 1.375,00
Tanque com fundo cônico	R\$ 2.700,00	1	R\$ 2.700,00
Laboratório	R\$ 2.535,00	1	R\$ 2.535,00
Máquina de cravar tampa	R\$ 1.200,00	1	R\$ 1.200,00
Coluna de destilação	R\$ 10.900,00	1	R\$ 10.900,00
Projeto de fábrica	R\$ 2.500,00	1	R\$ 2.500,00
Subtotal		R\$ 277.853,00	
Mão de obra		R\$ 16.671,18	
Total		R\$ 294.524,18	

Neste caso específico, realizou-se a divisão da produção do etanol mais aguardente, para se determinar o Tempo de retorno (TR) e a (TIR) ideal para cada percentual de produção. Esta divisão segue a seguinte forma:

- Produção inicial de 100% de aguardente e 0% etanol,
- Após esta produção adota-se uma divisão de cinco em cinco por cento para os produtos fabricados.
- No tabela 4.34 são apresentados os valores de produção, preço de venda, benefício (total e líquido) e custos da produção combinada do etanol e aguardente.

Tabela 4. 34 - Produção combinada de aguardente e etanol.

AGUARDENTE			ETANOL			AGUARDENTE E ETANOL	
% da cana processada	Produção (litros)	Benefício (R\$)	% da cana processada	Produção (litros)	Benefício (R\$)	Benefício total (R\$)	Benefício líquido total (R\$)
100	134.000	201.000	0	0	0	201.000	151.499
95	127.300	190.950	5	4.020	4.422	195.372	145.871
90	120.600	180.900	10	8.040	8.844	189.744	140.243
85	113.900	170.850	15	12.060	13.266	184.116	134.615
80	107.200	160.800	20	16.080	17.688	178.488	128.987
75	100.500	150.750	25	20.100	22.110	172.860	123.359
70	93.800	140.700	30	24.120	26.532	167.232	117.731
65	87.100	130.650	35	28.140	30.954	161.604	112.103
60	80.400	120.600	40	32.160	35.376	155.976	106.475
55	73.700	110.550	45	36.180	39.798	150.348	100.847
50	67.000	100.500	50	40.200	44.220	144.720	95.219
45	60.300	90.450	55	44.220	48.642	139.092	89.591
40	53.600	80.400	60	48.240	53.064	133.464	83.963
35	46.900	70.350	65	52.260	57.486	127.836	78.335
30	40.200	60.300	70	56.280	61.908	122.208	72.707
25	33.500	50.250	75	60.300	66.330	116.580	67.079
20	26.800	40.200	80	64.320	70.752	110.952	61.451
15	20.100	30.150	85	68.340	75.174	105.324	55.823
10	13.400	20.100	90	72.360	79.596	99.696	50.195
5	6.700	10.050	95	76.380	84.018	94.068	44.567
0	0	0	100	80400	88440	88440	38.939

Observação: * CEPEA/ESALQ, 2011 preço médio do etanol período de jan/agosto de 2011

**Preço médio de venda de R\$ 1,50 da aguardente fornecida pelos microdestilarias do sul de Minas Gerais.

Os resultados são apresentados nas Figuras 4.19 e 4.20 juntamente com a TR e TIR de cada divisão de produção.

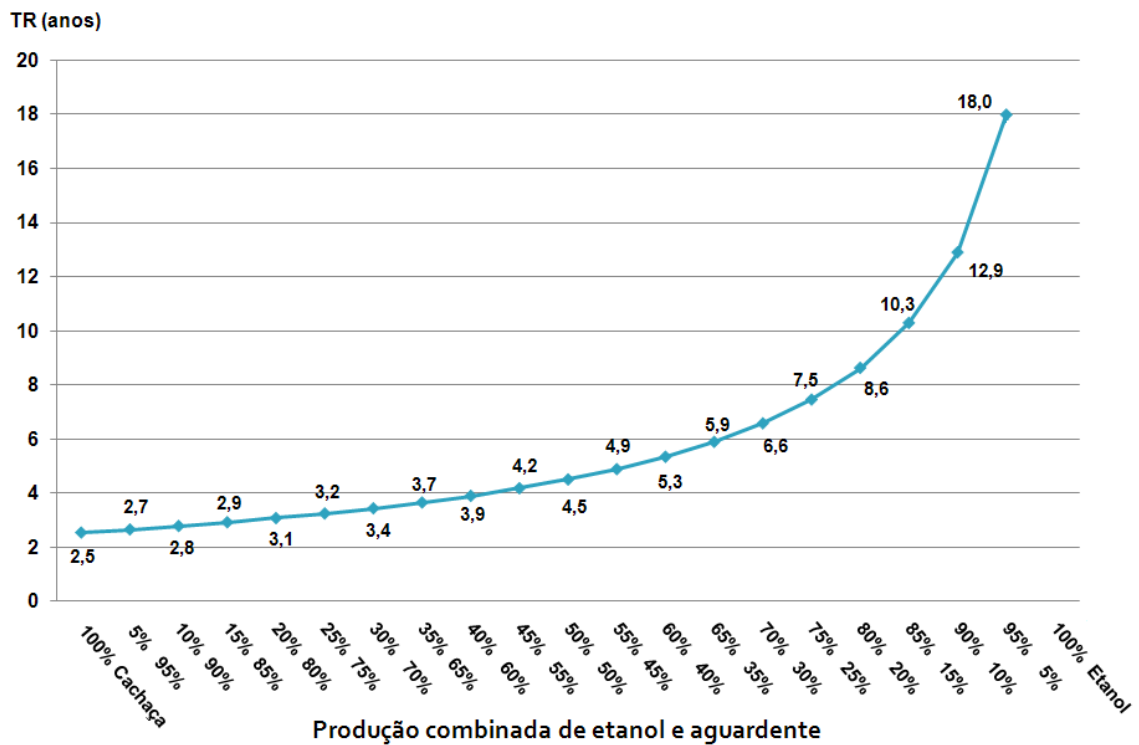


Figura 4. 19 – Tempo de retorno (TR) em anos.

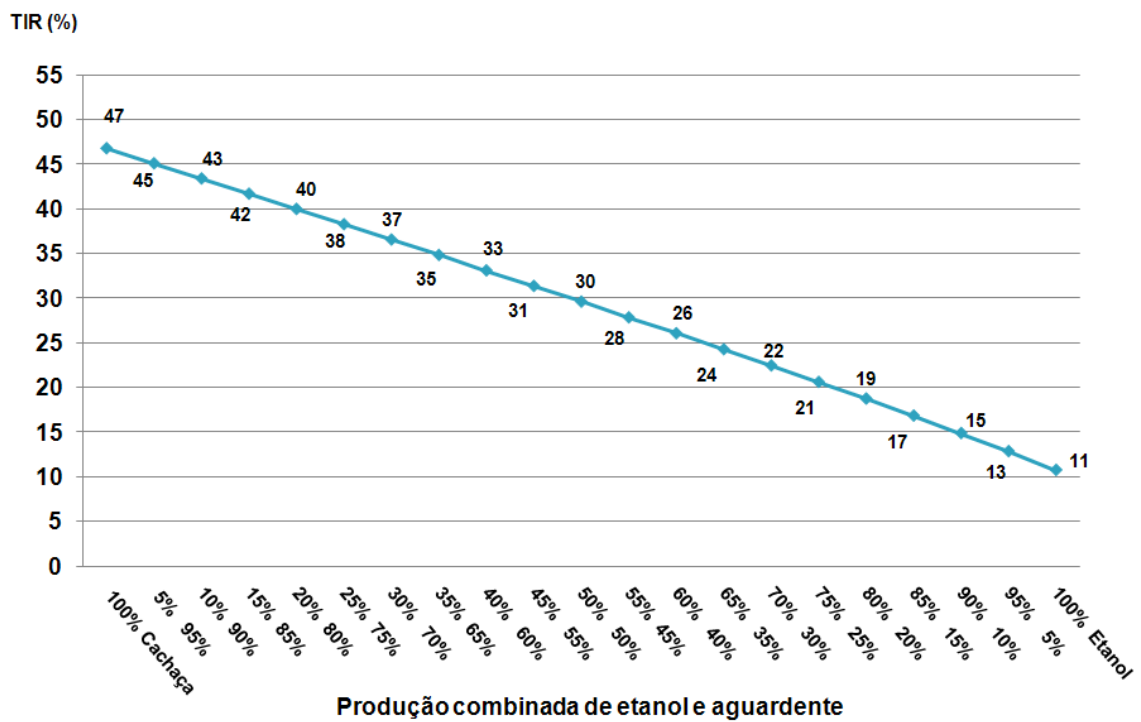


Figura 4. 20 – Taxa Interna de Retorno (TIR).

Através dos resultados encontrados na Taxa Interna de Retorno (TIR) e no Tempo de retorno (TR), comparado com a Taxa Mínima de atratividade na análise econômica sobre a produção combinada de etanol e aguardente, pode-se afirmar que a implantação de uma microdestilaria com maior índice produção de aguardente (100% a 50%) e conseqüentemente uma menor produção de etanol (0 a 50%) seja a melhor opção econômica para o pequeno produtor.

5 – DISCUSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos ao longo deste trabalho, tratando inicialmente dos aspectos energéticos e em seguida dos resultados do estudo econômico.

5.1 – Análise energética do Estudo de Caso

Um dos objetivos do presente estudo foi realizar uma avaliação energética da microdestilaria da Fazenda Serra Grande, para as etapas de produção do etanol e aguardente, considerando a utilização em plena carga da capacidade instalada nos equipamentos de processo durante a safra (sete meses). Os valores de produtividade agrícola da cana (67 toneladas/ha) e o rendimento da produção de etanol e aguardente por tonelada de cana (respectivamente 60 litros/toneladas e 100 litros/toneladas) foram baseados nos dados históricos dessa unidade.

Para o computo dos fluxos energéticos os diferentes processos foram modelados, buscando uma adequada caracterização de cada sistema, se identificando os fluxos de entrada de energia (direta e indireta) para cada etapa da operação e permitindo o detalhamento da demanda energética em função do número de máquinas utilizadas. Desse modo, tem-se no resultado final a participação de cada fonte de energia direta (combustíveis fósseis), e a energia indireta agregada nas edificações e nas máquinas envolvidas na produção do etanol.

Fase agrícola

As entradas energéticas abordadas para as atividades agrícolas, ou seja, cultivo da terra e plantio o investimento energético foi maior devido ao uso de insumos diretos (fertilizantes, corretivos, formicidas e herbicidas) em função da alta intensidade energética destes. Estes insumos juntos somaram 48,5% (32.211 kcal/TC) do total investido nesta fase.

Na atividade de transporte e operações agrícolas a demanda energética está em grande parte em função apenas do consumo de combustível que representou a segunda maior fonte de investimento energético com 11,9% (7.956 kcal/TC), as mudas de cana utilizadas para a formação e reposição contribuíram com 2,7% (1.787 kcal/TC)

Para a energia indireta envolvida na fase agrícola, as entradas energéticas foram agregadas em função da massa dos materiais das máquinas e equipamentos devido ao método de depreciação energética proposto por Doering (1980), Pimentel (1980) e Nogueira (1987). Utilizou-se os valores energéticos envolvidos na fabricação, reparo e manutenção das máquinas e equipamentos, desta forma o valor energético agregado a esses materiais somaram 36,9% (24.484 kcal/TC).

Neste aspecto, o principal item desta fase que deve ser monitorado para ocorrer uma redução energética significativa e a energia direta (fertilizantes, corretivos, formicidas e herbicidas, combustível), utilizada no sistema produtivo da microdestilaria.

➤ **Fase Industrial**

Para a elaboração do balanço energético na microdestilaria foram utilizados os trabalhos realizados por Pimentel (1980), Doering (1980), Nogueira (1987), Sartori (1996), Macedo (2004), Seabra (2008), que possibilitou a utilização das mesmas metodologias de cálculo.

As entradas energéticas abordadas para as atividades industriais foram delimitadas nas seguintes formas: Insumos industriais, lenha, energia elétrica, lubrificante e maquinários envolvidos na produção do etanol e as edificações civis necessárias. Neste caso o setor que obtiveram os maiores índice energético de energia direta foram (lenha, energia elétrica e lubrificante) em função das altas intensidades energéticas embutidas. Estes insumos juntos contribuíram com 21,7% do total neste setor, ou seja, a lenha obteve uma participação de 10,6%, seguido da energia elétrica com 10,4% (energia adquirida da Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG) e os lubrificantes com 0,7% do fluxo energético.

As entradas de energia indireta envolvidas nas edificações, equipamentos pesados e equipamentos leves foram na ordem de 46,7%, 23,1%, 8,5% respectivamente. Nesta etapa a energia indireta agregada na fabricação, montagem, reparo e manutenção das máquinas e equipamentos e construção civil representaram grandes dispêndios do ponto de vista energético.

Neste setor o principal item que obteve o maior índice energético e o que apresenta o maior índice de dificuldade de redução, ou seja, energia indireta envolvida nas edificações civis, e maquinários. Para que seja possível uma

diminuição destes índices energéticos, devem-se adotar as dimensões apropriadas a cada tipo de edificações e produtividades dos maquinários envolvidos no processo de produção do etanol e aguardente.

5.2 - Análise econômica.

Para o cálculo da análise da viabilidade econômica apresentada para a Microdestilaria da Fazenda Agroindustrial Serra Grande utilizou-se os seguintes procedimentos:

- Montaram-se três (3) fluxos de caixa, em planilhas eletrônicas, representando a produção de aguardente, produção de etanol e produção combinada de etanol e aguardente,
- O Período de análise adotado foi de 15 anos (180 meses), esse prazo representa a vida útil média dos equipamentos.
- Utilizaram-se três indicadores de viabilidade (TIR, Payback e TMA).
- Adotou-se a ferramenta de cálculo o programa Microsoft Office Excel

Os resultados encontrados seguindo estes procedimentos estão apresentados pela divisão das montagens dos fluxos de caixas.

- Primeiro caso: Produção de etanol combustível

O valor total de investimento para aquisição dos equipamentos de produção de etanol foi de R\$150.083,00, com uma produção de 60 litros/tonelada de cana processada a um valor médio de venda de 1,10 R\$/litro. O resultado encontrado neste caso foi uma Taxa Interna de Retorno de 45% e um Tempo de retorno (TR) de 2,6 anos.

- Segundo caso. Produção de Aguardente.

O valor médio adotado para a comercialização da aguardente foi R\$ 1,50 / litro, e o valor total de investimento para aquisição dos equipamentos de R\$ 269.455,18. Neste caso encontrou-se uma Taxa Interna de retorno (TIR) de 47% e um Tempo de Retorno (TR) de 2,5 anos para produção da aguardente.

- *Terceiro caso. Produção combinada (Aguardente e Etanol).*

O investimento neste último caso foi de R\$ 294.524,18 para os equipamentos e mão de obra com o valor de comercialização do etanol a R\$ 1,10/litro, e R\$1,50/litro para a aguardente. Neste caso a divisão da produção combinada de etanol e aguardente tornou se possível variar os índices de produção de cinco em cinco por cento, conforme apresentados nas Figuras 4.18 e 4.19.

Nesta etapa a Taxa Interna de Retorno (TIR) variou de 11% a 47% e a Tempo de retorno (TR) de 2,5 a 18 anos. Destaca-se que esta produção combinada com índice mais elevado de produção de aguardente torna-se um investimento diversificado e mais atrativo economicamente.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como finalidade o estudo dos sistemas de produção de etanol em microdestilarias com capacidade de produção de até cinco mil litros diários, visando avaliar o balanço energético nesses sistemas produtivos e realizar uma análise econômica da produção de aguardente de cana e etanol, verificando a rentabilidade em cada caso.

Do levantamento efetuado constatou-se que no cultivo da cana de açúcar com o sistema de plantio convencional e colheita semi mecanizada, os itens que apresentaram os maiores custos energéticos em (kcal/TC) foram a utilização de fertilizantes (38,9%), em nível similar às operações de plantio, preparo do solo e corte da matéria prima, (incluindo os custos do maquinário) que somaram 37%. As aplicações de defensivos e herbicidas representaram 3,4% do custo energético em virtude do baixo número de aplicações necessárias para o controle de insetos e plantas daninhas, enquanto a aplicação de calcário correspondeu a 4,4%. O consumo de energia para o transporte da matéria prima para a indústria de processamento equivale a 2,9% do gasto total das operações para o cultivo da cana de açúcar, juntamente com o valor energético das mudas com 2,7%, e somatória dos outros itens representaram 10,7% do valor.

Para o setor industrial, observou-se que o setor de destilação apresentou o maior consumo de energia direta, (desprezando as edificações por não apresentarem uma parcela significativa dos fluxos de energia direta envolvidos na produção), devido ao consumo de lenha com 10,6% (2.776 kcal/TC), seguido da energia elétrica consumida, 10,4% (2.725 kcal/TC). A energia indireta incorporada nos equipamentos pesados e leves soma juntos 31,6% (8.265 kcal/TC) e por fim, os lubrificantes (170 kcal/TC) com um valor insignificante (0,7%). Já para o processamento industrial do etanol hidratado, obtivemos em média uma produção de 60 litros por tonelada de cana, com 95,5% de pureza, conforme dados da Microdestilaria (2010). Deste modo obteve-se como resultado um valor energético (output) valor anual de 383.394 kcal/TC.

Assim, diante dos resultados obtidos, pode-se dizer que as operações que mais demandaram energia estão relacionadas ao preparo do terreno, plantio/adubação, colheita e maquinários industriais. Por ser um cultivo destinado a

grandes indústrias, demonstraram bastante dependente dos insumos, principalmente os insumos de origem fóssil, de onde boa parte do consumo energético é oriunda.

Com relação ao balanço de energia, este trabalho obteve uma relação de 5,01 unidades de energia renovável produzidas para cada unidade de energia fóssil consumida, obtendo assim, um ganho energético líquido de 4,01 unidades de energia.

Esses resultados demonstraram que o balanço energético, para os índices de produção considerados, foi positivo, portanto, interessante, em termos absolutos. No entanto, tal ganho energético se mostra reduzido, se comparado com outros estudos em grandes unidades, exemplo, com Macedo (2004), que apresentou uma relação de 8,3: 1. SEABRA (2008) que estimou para o período de (2005/2008) uma relação de 9,20: 1, com expectativas de alcançar 12,08:1 em 2020. Os motivos que podem ter ocasionado essa grande diferença entre elas deve estar ligada a dissipação da energia no processamento industrial, pois esta perda é ainda maior para as microdestilarias, devido à menor eficiência dos equipamentos e processos em geral.

Com relação à análise econômica referente aos três casos: a) produção de etanol, b) aguardente e c) combinada de aguardente e etanol, os resultados encontrados são claros. Há grande vantagem da implantação do projeto para uma microdestilaria combinada, com maior nível de produção de aguardente possível e conseqüentemente uma menor produção de etanol, ou seja, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de retorno (TR) são mais atrativos, pois o retorno dos investimentos será mais rápido.

Durante a elaboração do presente estudo, foram observadas limitações na obtenção de dados de custos energéticos referentes à produção industrial e fabricação de equipamentos e prédios. Assim, foram adotados alguns dados e parâmetros de estudos anteriores. Entretanto, como esses dados foram utilizados em todas as etapas de cálculo, acredita-se que este procedimento não tenha ocasionado grandes distorções no resultado final do presente trabalho.

Ressalta-se ainda que os valores de energia consumida com combustível para o transporte, energia elétrica (consumo que poderia eventualmente ser reduzido, se microdestilaria utilizasse um sistema de geração de energia através do

bagaço), lenha para a produção do etanol no processo de destilação podem influenciar muito o consumo energético final e, portanto a relação *Input-Output*. Com referência à análise econômica a limitação principal foi à obtenção de dados e valores econômicos da produção, bem como, a custo de montagem e manutenção da microdestilaria.

7- SUGESTÕES

É importante destacar que apesar de constatada a relação positiva com a obtenção na análise Output/Input do balanço energético da microdestilaria, não se pode afirmar que esse modelo de produção seja o mais adequado para a produção de etanol. Ficam algumas sugestões para outros estudos:

- Realizar um estudo sobre a utilização de um sistema de geração de energia elétrica através do bagaço.
- Analisar o uso de diferentes tipos de equipamentos no balanço energético da destilaria.
- Considerar outros tipos de uso do etanol (em substituição do óleo diesel) na análise do ciclo produtivo.
- Adotar um ciclo produtivo mais eficiente para a produção da cana de açúcar (rendimento por tonelada e custo).

Considerando a análise econômica para a produção deste energético as sugestões são as seguintes:

- Realizar uma análise econômica alternando os índices produção do etanol.
- Utilizar outras ferramentas para o processo de análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRABE, Associação Brasileira de Bebidas 2011. Aguardente. Disponível em: www.abrabe.org.br/cachaca. Acesso em: 25/julho/2011.
2. AMPAQ, 2011 - Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade disponível em: <http://www.ampaq.com.br>, acessado em 23/01/2011.
3. AGROINDUSTRIAL SERRA GRANDE, 2011. Fazenda Serra Grande, disponível em: <http://www.cachaçadeprosa.com.br>, acessado em 10/01/2010 e visitas técnicas realizadas.
4. AHMAD, B. Energetic of Major Crops in Mixed Cropping System. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America, v.25, p.52-4, 1994.
5. ANFAVEA (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES) - *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*, 2010. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>. Acesso em 14 de junho de 2010.
6. ANGELELI, W.A.; DUART, F.A.M. & OLIVEIRA, J.E.D. Estudo nutricional, alimentação e capacidade física de trabalhadores volantes rurais ou “Bóias-Frias”. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, ACIESP nº 30, p.7-85 1981.
7. BEN, 2007 - Balanço Energético Nacional – Ministério de Minas e Energia (MME), 2010.
8. BRIDGES, T.C. & SMITH, E.M. A Method for Determining the Total Energy Input for Agricultural Practices. American Society of Agricultural Engineers, p.781-4 1979

9. BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 23/10/2011.
10. BORTONI, E.C; Conservação da energia, Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações, Itajubá 2006; 3º Edição, Pag. 195 -209.
11. BIODIESELBR, Álcool - Etanol Brasileiro, 2010. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/energia/alcool/etanol.htm> acessado em 20/07/2010.
12. BIODIESELBR, Proálcool - Programa Brasileiro de Álcool, 2010. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>, acessado em 11/2010.
13. CARMO, M. S. ET AL. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. Agricultura em São Paulo. V.35; p. 87-97. 1988.
14. CEPEA, 2011. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Preço médio do etanol Hidratado para o ano de Janeiro de 2011. Disponível em http://www.cepea.esalq.usp.br/alcool/?id_page=407.
15. CEPEA/ESALQ, 2011. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/alcool>, consultado em Julho de 2011.
16. CEPEA/ESALQ, 2011. Valores do Etanol hidratado para venda http://www.cepea.esalq.usp.br/agromensal/2011/01_julho/AcucarAlcool.htm.
17. CEMIG, 2011 - Companhia energética de minas gerais, Histórico de consumo. Cedida pela Fazenda Agroindustrial serra Grande (2011).
18. CGEE, 2005, Bicom bustíveis, preparado por Macedo, I.C. y Horta Nogueira, L.A., Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília.

19. COGEN-SP, 2004. – Associação Paulista de Cogeração de Energia, A importância da cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.cogensp.com.br/cogensp/opiniaio/14012004.htm>, acessado 15-05-2010.
20. CONSECAN, 2009 - Conselho dos Produtores de cana de açúcar, açúcar e álcool, disponível em; www.unica.com.br. Acessado em 20/10/2010.
21. CRISPIM, J. E; VIEIRA, S. A. Cana de açúcar: boa alternativa agrícola e energética para a agricultura nacional. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/trabcana1.htm>>. Acesso em: 06/06/2010.
22. CENTRO DE TECNOLOGIA EM CACHAÇA, 2011. Valores médios dos produtos e serviços necessários para montagem e operação de uma microdestilaria de etanol e aguardente para uma produção de aproximadamente 1000 litros; Disponível em www.canabrasil.com.br acessado em 03/06/2011.
23. DICIONÁRIO HOUAISS DE LÍNGUA PORTUGUESA, Rio de Janeiro 2001. 1ª edição, editora Objetiva Pag.- 120
24. DU PONT DO BRASIL S/A COMPANHIA QUÍMICA. Catalogo de bulas, 2010. Disponível em: http://www.dupontagricola.com.br/detProduto.php?codproduto=17&codcategoria_produto=2.
25. DOERING, O.C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, David. (Ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.
26. EAR, 2010. Estudo de Analise de risco. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br>

27. EMBRAPA, 2010. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html. André Ricardo Alcarde, 2007.
28. EMBRAPA, 2010a. Disponível em:
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_102_22122006154841.html.
29. EMATER – Empresa de assistência técnica e extensão Rural, Disponível em:
www.emater.mg.gov.br. Acessado em 28/04/2008.
30. ENRIQUE ORTEGA, MARCOS WATANABE, OTAVIO CAVALETT. “A PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRO E MINI-DESTILARIAS.” Laboratório de Engenharia Ecológica FEA, Unicamp, 2004.
31. ESALQ/USP. Pólo Industrial de B combustíveis Utilizações do Etanol na produção do Biodiesel. Autor: Wendel Martins da Silva, 2009. Disponível em:
<http://www.polobio.esalq.usp.br.html>, acessado em 20/01/2010.
32. ESTEVES, Otavio de Avelar. “Análise Energética da Produção do Etanol da cana-de-açúcar”, dissertação de mestrado UFMG, Belo Horizonte, 1995.
33. FAOSTAT, 2006, FAO STATISTICS: Agriculture, disponível em www.fao.org, consultado em julho de 2008.
34. FILHO, Waldir D; “Análise Energética da produção de Etanol carburante”, dissertação de mestrado UFMG, Belo Horizonte, 1994.
35. GOOGLE MAPS, 2011. Disponível em <http://maps.google.com.br>, acessado em 25/05/2011.
36. GOLDEMBERG, ET AL. Ethanol for Sustainable Energy Future, Science 315, 808, (2007).

37. GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. In: SIMPÓSIO ENERGIA E BIOMASSA FLORESTAL, Piracicaba, 1979. Anais Piracicaba: Cesp; IPEF, 1979.
38. HANNON, B. Energy and labor in Construction sector. CAC Doc. 228, Center for Advanced Computation, of Illinois, Urbana, 1977.
39. HETZ, E. J. Energy utilization in Chilean agriculture. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, v.23, n.2, p. 52 – 56, 1992.
40. IBEN, Instituto Brasileiro de Bioenergia, Mini destilaria de Etanol, MDE, 2009. Disponível em http://www.iben.org.br/area/area.php?area=2&area_conteudo=
41. IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares (POF) 2002-2003: aquisição alimentar domiciliar per capita – Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002aqui_sicao/default.shtm. Acesso em 20 mar.2010.
42. LOOMIS, R. S., AND S. J. CONNOR. 1992. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
43. LORENZ, D; MORRIS, D. How Much Energy Does It Take to Make a Gallon of Ethanol? Institute for Local-Self Reliance (ILSR), 1995.
44. MACEDO, I. . & NOGUEIRA, L. A. H. Balanço de energia na produção de cana-de-açúcar e etanol nas Usinas Cooperadas. Boletim Técnico Copersucar. Nº 31. São Paulo – SP. 1985.
45. MACEDO, I. C.; VERDE LEAL, M. R. L.; SILVA, J. E. A. R. Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use fuel ethanol in Brazil. Desenvolvido para a secretaria do meio ambiente do governo do estado de São Paulo, 2004.

46. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4ª. Ed., rev. e atual. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 256 p.
47. MAPA, 2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de produção, 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 31 de julho de 2011.
48. MAPA, 2005. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, “Plano Nacional de Agroenergia”, 2005.
49. MOREIRA, J. R. et. al. Energy balance for the production of ethyl and methyl alcohol. Workshop on Fermentation for use as fuel and chemical feedstock in Developing Countries. Viena, Áustria. 1979. 33p.
50. NBR, 14724:2001 Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Disponível em <http://www.firb.br/abntmonograf.htm>.
51. NOGUEIRA, L. A. H.; “Bioetanol de cana-de-açúcar. Energia para o desenvolvimento Sustentável. 1ª Edição, Rio de Janeiro – Novembro de 2008. Pag.314
52. NOGUEIRA, L. A. H.; “Análise da utilização de energia na produção de etanol de cana de açúcar” Tese de Doutorado Unicamp, 1987.
53. NOGUEIRA, L. A. H. Balanço de Energia na Produção de Cana de Açúcar e Álcool no Estado de São Paulo. Boletim Técnico COPERSUCAR, PIRACICABA/SP, p. 0-0, 1985.
54. OLIVEIRA, E. S.; ROSA, C.A.; Marcelo Antonio Morgano; SERRA G. E. The production of volatile compounds by yeasts isolated from small Brazilian cachaça distilleries. World Journal of Microbiology and Biotechnology. v. 21, p. 1569-1576, 2005.

55. OLIVEIRA, J.M, 2006 - Indicação do teor alcoólico em GL (Gay-Lussac). Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas / SBRT, SENAI, 08 de junho de 2006.
56. ODUM, H. T. "Energy Analysis of the Environmental Role in Agriculture." In G. Stan hill (ed.), Energy and Agriculture. Berlin: Springer-Verlag. p. 23-51.
57. PENIDO FILHO. P – Álcool combustível, Editora Nobel, 1981. 285 pag.
58. PIMENTEL, D., BURGESS, M. energy in com production. In: PIMENTEL, D. (Ed.) Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC: Press, 1980.
59. PIMENTEL, D; PATZEK, W. Ethanol Production Using Corn, Switch grass, and Wood: Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower, 2005.
60. PIMENTEL, D.; BERARDI, G.; FAST, S. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.9, n.4, p.359-372, 1983.
61. PROJETO ENERGIA. Combustíveis do Brasil: etanol – etapas da produção. Disponível em: <http://www.soaresoliveira.br/projetoenergia_em/algas.html>. Acesso em 12/06/2007.
62. RIPOLI, Tomaz Caetano Cannavam; MOLINA JR, W. F.; COELHO, J. L. D. ; SACCOMANO, J. B.. ESTUDIO SOBRE ENFARDAMIENTO DE RESIDUOS DE COSECHA DE CAÑA VERDE. STAB. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, PIRACICABA, v. 10, n. 1, p. 33-36, 1991.
63. RIPOLI, Tomaz Caetano Cannavam; MIALHE, Luiz Geraldo; BRITO Jose Otavio. Queima de canavial. O desperdício não mais admissível. Álcool Açúcar, São Paulo, v. 10, n. 54, p. 18-23, 1990.

64. SARTORI, M. M. P. ; FLORENTINO, HELENICE DE OLIVEIRA ; BASTA, C. ; LEÃO, A. L. . Determination of the optimal quantity of crop residues for energy in sugarcane crop management using linear programming in variety selection and planting strategy. *Energy*, Elsevier, v. 26, p. 1031-1040, 2001
65. SARTORI, M.M.P.; BASTA, C. Métodos matemáticos para o cálculo energético da produção de cana de açúcar. *Energia na Agricultura*, v.14, n.1, p.52-68, 1999.
66. SEABRA, J.E. A; Avaliação Técnico-econômica de opção para o aproveitamento integral da Biomassa de cana no Brasil, tese de doutorado, Unicamp 2008.
67. SEAGRI, 2010 - Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária, Tipos de máquinas e equipamentos empregados no preparo do solo e operações, disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br>.
68. SERRA, G.E.; MOREIRA, J.R.; GOLDEMBREG, J. *et. al.* Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas. 1979.
69. SILVA, J. G.; SERR, G. E; MOREIRA, J. R.; GONCALVES, J. R.; GOLDEMBERG, J. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science*, USA. v. 201, p. 903-906, 1978.
70. SILVA, J. G. et. AL. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science*. 201(4359): 903-906. USA. 1978.
71. SEBRAE-MG. Diagnóstico da Cachaça de Minas Gerais – Sumário Executivo. Belo Horizonte, julho de 2011.
72. SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2010. Estudos de mercado SEBRAE/ESPN 2008, Cachaça artesanal. Setembro de 2010. Disponível em: [http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/B142F005A221FD0832574DC00457C09/\\$File/NT0003905E.pdf](http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/B142F005A221FD0832574DC00457C09/$File/NT0003905E.pdf).

- 73.UDOP, 2009 - União dos Produtores de Bioenergia, Valores de ATR e Preço da Tonelada de cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo.
Disponível em: http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_site.pdf.
- 74.UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física. Fontes de energia no Brasil 2006: produção de etanol. Disponível em:
<<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1B/palcooll.html>>.
Acessado em: 18 jun. 2010.
- 75.UNICA, 2011, Estatísticas, União dos Produtores de Açúcar e Etanol da Agroindústria Canavieira Estado de São Paulo. Disponível em
<http://www.portalunica.com.br>, consultado em julho de 2011
- 76.WESTPHAL, F.S; LAMBERTS, R. (1998): Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de retrofit no sistema de Iluminação, Anais do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, volume I, Florianópolis pp.429-437.
- 77.ZECCA, A. G.D, 2008; BOTÂNICA AGRÍCOLA disponível em:
www.cesnors.ufsm.br/professores/zecca/botanica/Apostila_COMPLETA.doc

ANEXOS

Anexo - A

LEI 15456 de 12/01/2005 (Texto Original)

Institui a Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias de Etanol e Beneficiamento de Produtos Derivados da cana-de-açúcar.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE MINAS GERAIS

O Povo do Estado de Minas Gerais, por seus representantes, decretou, e eu, em seu nome, promulgo a seguinte Lei:

Art. 1º - Fica instituída a Política de Incentivo às Microdestilarias de Etanol e Beneficiamento de Produtos Derivados da Cana-de-Açúcar, formulada e executada como parte da política de desenvolvimento socioeconômico regional integrado e sustentável e voltada para a geração de emprego e renda nas regiões administrativas do Estado.

Art. 2º - Para os efeitos desta Lei, entende-se por microdestilaria a unidade com capacidade de produção de até 5.000l (cinco mil litros) de etanol por dia;

Art. 3º - Serão atendidas prioritariamente pela política de que tratam esta Lei as regiões com vocação agrícola para a produção da cana-de-açúcar em pequenas e médias propriedades.

Parágrafo único. São destinatários preferenciais da política de que trata esta Lei os agricultores familiares, os pequenos e médios produtores rurais, os trabalhadores em regime de parceria, os meeiros, os comodatários, os assentados em projetos de reforma agrária e os arrendatários rurais.

Art. 4º - São objetivos da Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias de Etanol e Beneficiamento de Produtos Derivados da Cana-de-Açúcar:

I - estimular investimentos em pequenos empreendimentos de interesse das comunidades rurais, do agricultor familiar, das associações e das cooperativas, como forma de incentivar a produção do etanol combustível para o auto-abastecimento, da cachaça, do açúcar mascavo, da rapadura e de outros produtos derivados da cana-de-açúcar;

II - criar alternativas de emprego e renda em regiões produtoras de cana-de-açúcar.

Art. 5º - Na *implementação* da Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias de Etanol e Beneficiamento de Produtos Derivados da cana-de-açúcar, cabe ao poder público:

I - apoiar a implantação e o desenvolvimento de microdestilarias de etanol e fábricas de beneficiamento dos produtos derivados da cana-de-açúcar em regiões do Estado com vocação para a produção de cana-de-açúcar;

II - criar oportunidades de renda e de trabalho para os projetos beneficiados pelos assentamentos de reforma agrária;

III - estimular atividades agropecuárias que utilizem os subprodutos do beneficiamento da cana-de-açúcar;

IV - estimular parcerias entre os órgãos estaduais e federais de pesquisa e extensão rural, com o objetivo de dotar tecnologicamente os empreendimentos beneficiados pela política de que trata esta Lei, aumentando a produtividade agrícola e a eficiência tecnológica;

V - criar mecanismos para viabilizar a comercialização dos produtos derivados da cana-de-açúcar e estimular a produção do etanol combustível para consumo dos cooperados, em caso de cooperativa, dos associados, em casos de associações, ou dos produtores rurais independentes;

VI - criar linhas de crédito para financiar projetos de microdestilaria ou beneficiamento dos produtos derivados da cana-de-açúcar;

VII - articular as políticas de incentivo às microdestilarias com os programas de geração de emprego e renda, buscando o desenvolvimento regional integrado e sustentável;

VIII - estimular a busca constante da qualidade dos produtos, por meio de cursos de capacitação e organização empresarial;

IX - criar campanhas de promoção dos produtos das microdestilarias e derivados da cana-de-açúcar, apoiando e estimulando a sua colocação no mercado consumidor;

X - estimular o cooperativismo e o associativismo;

XI - buscar integração entre a produção agrícola, o beneficiamento e as práticas de conservação e sustentabilidade do meio ambiente.

Art. 6º - São instrumentos da Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias e ao Beneficiamento dos Produtos Derivados da Cana-de-Açúcar:

I - o crédito rural;

II - o incentivo fiscal e tributário;

III - a pesquisa agropecuária e tecnológica;

IV - a extensão rural e a assistência técnica;

V - a promoção e a comercialização dos produtos;

VI - o certificado de origem e qualidade dos produtos destinados à comercialização.

Art. 7º - A Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias e ao Beneficiamento dos Produtos Derivados da Cana-de-Açúcar será gerenciada por um órgão específico, ao qual compete operacionalizar:

I - o planejamento e a coordenação das políticas de incentivo;

II - a definição da viabilidade técnica e econômica dos projetos;

III - o acompanhamento da execução da política de que trata esta Lei;

IV - o suporte técnico aos projetos, com a prestação de apoio à elaboração, ao desenvolvimento, à execução e à operacionalização dos empreendimentos, por intermédio das empresas de pesquisa agropecuária e de extensão rural;

V - a busca de parcerias com outras entidades, públicas ou privadas, para maximizar a produção e a comercialização dos produtos;

VI - a promoção de cursos de formação e capacitação gerencial para os empreendedores, por meio de parcerias com centros tecnológicos, universidades, organizações não governamentais e centros de formação;

VII - a elaboração de cadastro das microdestilarias do Estado;

VIII - a manutenção de cadastro atualizado das microdestilarias constituídas ou em constituição e das inovações propostas para esse segmento da produção agropecuária;

IX - a viabilização de espaços públicos, em parceria com os Municípios e a iniciativa privada, destinados à comercialização dos produtos, para estimular a sua colocação no mercado consumidor;

X - o estímulo à integração das microdestilarias no Estado, por meio da constituição de uma rede solidária, com o intuito de ampliar negócios e a criação de novas unidades;

XI - a criação de um selo de identificação para os produtos derivados das microdestilarias e das fábricas de beneficiamento para promover a comercialização e garantir a qualidade dos produtos.

Parágrafo único. O órgão a que se refere o caput deste artigo será composto de forma paritária por representantes de órgãos governamentais e de entidades dos empreendedores, escolhidos com seus suplentes.

Art. 8º - A Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias será executada com os recursos públicos e privada.

Art. 9º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Palácio da Liberdade, em Belo Horizonte, aos 12 de janeiro de 2005; 217º da Inconfidência Mineira e 184º da Independência do Brasil.

Aécio Neves - Governador do Estado

Anexo B.

ANEXO: Sistema de produção A – Capina com enxada e opções para triturar a cana com picadeira movida a motor elétrico ou através da tomada de força do trator.

Quadro 1 – Despesas para formação de 1,0 ha da lavoura de cana-de-açúcar.

SERVIÇOS E INSUMOS	UNID.	Quant.	Preço R\$	Custo R\$/há	%
1- PREPARO E CORREÇÃO DO SOLO	-	-	-	422,12	20,04
1.1- Calagem	-	-	-		
* Transporte do calcário	htr	0,5	15,19	7,6	0,36
* Distribuição do calcário	htr	1,24	16,85	20,89	0,99
* Auxiliar de tratorista	dh	0,3	11,2	3,36	0,16
* Calcário dolo mítico	t	2,5	80	200	9,49
				231,85	11,01
1.2- Preparo do Solo	-	-	-		
* Aração com arado de três discos rev.	htr	2,58	21,57	55,65	2,64
* Gradagem (uma vez)	htr	0,83	18,76	15,57	0,74
* Marcação curva de nível	dh	0,5	11,2	5,6	0,27
* Auxiliar topógrafo	dh	0,5	11,2	5,6	0,27
* Construção de terraços e carregadores	htr	5	21,57	107,85	5,12
				190,27	9,03
2- MUDAS				327,79	15,56
* Corte, preparo e carga	dh	10,7	11,2	119,84	5,69
* Transporte	htr	5	15,19	75,95	3,61
* Mudanças	t	11	12	132	6,27
				327,79	15,56
3- PLANTIO	-	-	-	613,34	29,11
* Abertura dos sulcos c/ arado de dois discos	htr	6,13	21,57	132,22	6,28
* Limpeza dos sulcos com enxada	dh	1,8	11,2	20,16	0,96
* Distribuição de adubo nos sulcos	dh	2	11,2	22,4	1,06
* Distribuição e picagem das mudas nos sulcos	dh	11,3	11,2	126,56	6,01
* Complementação da cobertura das mudas	dh	5	11,2	56	2,66
* Transporte de adubo	htr	0,5	15,19	7,6	0,36
* Adubo para plantio (00-20-15)	kg	460	0,54	248,4	11,79
				613,34	29,11
4- TRATOS CULTURAIS	-	-	-	587,44	27,88
4.1- Controles de invasoras	-	-	-		
* Opção 1 - aplicação herbicida	htr	0,58		0	0
* auxiliar de tratorista	dh	0,09		0	0
* herbicida Agritrin	l	4		0	0
* Opção 2 - capina manual com enxada (2 vezes)	dh	35	11,2	392	18,61
				392	18,61
4.2- Adubações de cobertura	-	-	-		
* Distribuição manual do adubo	dh	0,7	11,2	7,84	0,37
* Adubo para cobertura (sulfato de amônio)	kg	300	0,49	147	6,98
				154,84	7,35
4.3- Combates à formiga	-	-	-		
* Combate à formiga	dh	0,5	11,2	5,6	0,27
* Inseticida para combate a formigas	kg	5	7	35	1,66
				40,6	1,93
5- Outros Custos	-	-	-	156	7,4
* Custo da utilização da terra	ano	1	120	120	5,7
* Assistência técnica	SM	0,2	180	36	1,71
6- CUSTOS TOTAIS	R\$/ha	-	-	2106,69	100

Quadro 2 - Despesas para manutenção de 1,0 ha da lavoura de cana-de-açúcar.

	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	Custo (R\$/ha)	%
SERVIÇO E INSUMOS	-	-	-	-	-
1- Adubação de Cobertura				232,44	33,91
* distribuição do adubo	dh	0,7	11,2	7,84	1,31
* transporte de insumos	htr	0,5	15,19	7,6	1,24
* adubo (20-05-20)	kg	350	0,62	217	31,36
	-	-	-	232,44	33,91
2- Tratos Culturais	-	-	-	390,6	66,08
* controle de invasoras - 2 capinas	dh	25	11,2	280	46,67
* enleiramento do palhço	dh	5	11,2	56	9,33
* manutenção dos terraços	dh	2	11,2	22,4	3,73
* combate às formigas	dh	1	11,2	11,2	1,87
* formicida (isca)	kg	3	7	21	4,48
	-	-	-	390,6	66,08
3- CUSTOS TOTAIS	R\$/ha	-	-	623,04	100

Fonte: Embrapa, 2010