



CARLOS ALBERTO DOS REIS FERRAZ

SISTEMA UNIGEA

(UNIDADE GERADORA DE ENERGIA E ALIMENTOS)

BELO HORIZONTE – MG

2013

CARLOS ALBERTO DOS REIS FERRAZ

SISTEMA UNIGEA

(UNIDADE GERADORA DE ENERGIA E ALIMENTOS)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Pós-Graduação
Latu Sensu em Formas Alternativas de
Energia, para obtenção do título de
Especialista em Formas Alternativas de
Energia.

Orientador

Dr. Gilmar Tavares

LAVRAS – MG

2013

CARLOS ALBERTO DOS REIS FERRAZ

SISTEMA UNIGEA

(UNIDADE GERADORA DE ENERGIA E ALIMENTOS)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras como parte das
exigências do curso de Pós-Graduação
Lato Sensu em Formas Alternativas de
Energia, para a obtenção do título de
Especialista em Formas Alternativas de
Energia.

APROVADA em ____ de _____ de 2013

Dr.

Dr.

Dr. Gilmar Tavares

Orientador

LAVRAS – MG

2013

DEDICO

A todos que, direta ou indiretamente, compreendam ou venham a compreender que a fotossíntese, tecnologia criada e desenvolvida pela natureza por milhões de anos, é a forma mais simples, limpa, renovável, democrática e pacífica para a humanidade obter energia, aproveitando-se ainda de seus dois subprodutos, oxigênio e alimento, vitais para a vida no planeta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Universidade Federal de Lavras pelo curso oferecido.

Ao coordenador do curso, Dr. Gilmar Tavares, pela disponibilidade e compromisso com o curso.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Formas Alternativas de Energia.

Aos tutores e funcionários do curso, que desempenharam papel importante no andamento do curso.

Aos professores que se disponibilizaram a participar da banca examinadora.

Ao meu orientador Dr. Gilmar Tavares, pela orientação na construção deste trabalho.

A minha mãe, Geralda Magela dos Reis Ferraz, e minha tia Maria Ennes, pelo carinho, credibilidade e incentivo.

Ao meu grande amigo e mentor, Marcello Guimarães Mello, cientista da natureza.

RESUMO

Gerar energia e alimentos considerando não somente o aspecto econômico, mas também o social e o ambiental é um desafio à sobrevivência do homem no planeta. A biomassa talvez seja o único recurso que atende a essas necessidades. Poucos países tem condições de vencer tal desafio e o Brasil o tem. A espinha dorsal deste trabalho está na construção de uma microdestilaria de álcool combustível, mas também gerando vários subprodutos ao longo de seu processo como alimento para o gado, adubo orgânico, biofertilizante, energia elétrica e outros, que ao final do processo percebe-se que o álcool combustível é apenas um resíduo. Consiste de equipamentos robustos e de fácil operação, em sua maioria conhecidos na área rural. O sistema pode ser implantado em qualquer local que se possa plantar cana-de-açúcar, e atende ao produtor individual ou cooperativa. O produtor além de agros também produz energia, gera emprego e renda em sua propriedade integrando-se ao sistema, pois passa a dominar ele próprio, todo o processo com confiança e perspectiva no trabalho. E assim o nosso pequeno produtor rural, responsável por grande parte dos alimentos que chegam à nossa mesa, também passam a participar do mais lucrativo negócio da agroindústria do país, o álcool combustível de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Energia. Alimentos. Microdestilaria. Álcool.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Níveis de transformidade	18
Figura 2	Fluxograma emergético aplicado ao UNIGEA	19
Figura 3	Comparativo emergético UNIGEA/destilaria comum	19
Figura 4	Conferência do GRAU BRIX	21
Figura 5	Moenda 600 litros/hora	21
Figura 6	Picadeira de capim/bagaço	22
Figura 7	Cocho com bagaço	22
Figura 8	Bagaço misturado com fezes e urina de gado	22
Figura 9	Medas para compostagem	22
Figura 10	Caixa de diluição 200 litros	23
Figura 11	Caixa de fermentação 1500 litros	24
Figura 12	Alambique 1200 litros	25
Figura 13	Caldeira a lenha/bagaço 200 kg/vapor/hora	25
Figura 14	Tacho a vapor 100 litros	26
Figura 15	Resfriador de cachaça 200 litros	27
Figura 16	Caixa de resfriamento da vinhaça	27
Figura 17	Medição da temperatura da vinhaça	27
Figura 18	Cocho contendo vinhaça fria	28

Figura 19 Biodigestor modelo indiano	28
Figura 20 Floresta superdensa	29
Figura 21 Floresta nativa	29
Figura 22 Coluna retificadora de álcool	30
Figura 23 Medição com alquímetro	30
Figura24 Saída de álcool a 94°GL	31
Figura 25 Abastecimento de veículo	31
Figura 26 Bombonas 50 litros	31
Figura 27 Tanque metálico 10000 litros	31
Figura 28 Gerador elétrico álcool/biogás	32
Figura 29 Fogão a álcool	33
Figura 30 Disposição entre a central e os produtores (ideal)	34
Figura 31 Moenda pequena 120 litros	35
Figura 32 Caixa de diluição 500 litros	36
Figura 33 Alambique 400 litros	36
Figura 34 Fornalha	37
Figura 35 Tacho 20 litros	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6	CONCLUSÃO	46
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
8	ANEXO I	50
9	ANEXO II	51
10	ANEXO III	52
11	ANEXO IV	53

1 INTRODUÇÃO

O Brasil já é reconhecido mundialmente no plantio de cana de açúcar. O desenvolvimento de pesquisas possibilitou um avanço considerável nessa área (CRUZ et al., 2010). No país, por exemplo, existe uma gama enorme de variedades indicadas para diversas regiões de solo e climas diferentes (FIGUEIREDO et al., 2010). Em meados da década de 70, tínhamos seis variedades agrícolas comerciais, atualmente, temos mais de 400 e a produtividade por área em trinta anos dobrou com redução do custo de produção em cerca de 80% (RIBEIRO., 2008).

A cana de açúcar é uma planta muito conhecida de nossos agricultores, o que justifica o desenvolvimento de uma tecnologia que agrega valor às pequenas propriedades rurais que lidam com seu cultivo.

O referido sistema vai ao encontro dessa realidade e por isso propõe a implantação de uma **microusina**, de baixo custo e de alto valor agregado, para que pequenos agricultores produzam açúcar mascavo, rapadura, melado, adubo orgânico, o biofertilizante para recuperar áreas degradadas, gere energia e também o álcool combustível, sem poluição e nem degradação do meio ambiente, e ainda alimentação do gado na seca e diminuição do desmatamento.

Os equipamentos necessários são há séculos conhecidos por boa parte da população rural brasileira (MELLO et al., 2001). Seus componentes básicos são a moenda de cana, tambores para fermentação, fomalha e alambique. Para a fabricação do álcool combustível, somente a coluna de retificação seria incorporada aos equipamentos existentes.

A operação de todo o sistema é muito simples, podendo ser efetuada por qualquer trabalhador rural, após simples treinamento.

O Brasil tem a melhor tecnologia do mundo em plantio de cana, produção de álcool e distribuição deste combustível (NETTO et al., 2005). Com este projeto esta tecnologia e seus benefícios também chegariam ao pequeno produtor rural.

Também vale ressaltar que o álcool é uma energia limpa e renovável, além de substituir o petróleo em todos os seus produtos (alcoolquímica), pertence à cadeia de energia proveniente da biomassa (CORTEZ et al., 2008), o que aumenta o interesse de muitos países em produzi-lo ou importá-lo. O protocolo de Kyoto considera o álcool uma das melhores fontes de energia alternativa.

A implantação do sistema UNIGEA poderá interferir de maneira positiva na área rural brasileira, pois viabilizará a produção de alimentos e geração de trabalho e renda nas pequenas propriedades que vivem da agricultura familiar.

VIABILIDADE

A viabilidade de um projeto se evidencia a partir de várias perspectivas como a **econômica, social, ambiental e tecnológica.**

Na perspectiva **econômica**, pode-se destacar a eminência mundial da importância do álcool como alternativa energética e seu impacto na economia brasileira (SAFATLE et al., 2011). O país tem experiência acumulada ao longo de 30 anos com o Proálcool, o único programa de substituição da gasolina bem sucedido em todo o mundo (NETTO., 2007), e a maior biodiversidade do mundo, amplas reservas de solos produtivos, recursos hídricos e climas diversificados (PRIMAVESI et al., 2013).

Outro fator importante relaciona-se ao abastecimento da matriz energética brasileira. O governo tem enfrentado dificuldades para fechar acordos com usineiros para manutenção do mercado interno. Mesmo com várias medidas sendo adotadas, o preço do álcool continua alto no mercado interno e a quantidade do produto defasada em relação à demanda.

Nesse sentido podemos afirmar que o estímulo à produção do álcool em pequenas propriedades rurais tende a desencadear um desenvolvimento considerável na área econômica.

O economista Ignacy Sachs estima que o custo do litro do etanol brasileiro equivale a 0,20 euros. A produção do mesmo litro nos Estados Unidos representa 0,30 Euros e na Europa, 0,50 euros. Outro fator importante é o fato do álcool americano ser fabricado a partir do milho, que tem um produto energético que rende somente 20% a mais do que é gasto para produzi-lo. No caso da cana de açúcar, o rendimento é de 700% (SACHS, 2005).

Vale ressaltar também o impacto na área **social**, a começar pela inclusão de famílias que vivem no campo, a partir da geração de trabalho e renda e a criação de um novo ciclo de desenvolvimento rural.

Somente em Minas Gerais, milhares de pequenas propriedades estão à beira de falência (MELLO et al., 2001), sem ter ou saber o que produzir, por motivos financeiros, climáticos, desânimo dos produtores e, principalmente, falta de informação.

Com seis hectares de cana, um produtor ou um grupo de pequenos agricultores, poderão produzir até 200 litros de álcool/dia, gerando emprego e renda para as famílias. Nesse sentido identificamos o desenvolvimento da referida proposta como de importância estratégica para o país, pois é preferível que muitos pequenos produtores produzam energia do que apenas alguns grandes produzam a mesma energia.

A adoção do projeto para produção de álcool em pequenas propriedades rurais poderá gerar um ciclo de desenvolvimento e aumento de produtividade nas principais atividades do pequeno produtor. Com o bagaço e a vinhaça, resíduos dessa produção, e complemento de ureia podem-se alimentar até cinco reses por hectare, o que permite a obtenção de leite e carne. Vale ressaltar que com a tecnologia já desenvolvida pela Petrobrás, esta ureia pode ser produzida a partir do álcool (MELLO et al., 2001).

Com muitos pequenos agricultores produzindo em pequenas áreas, o meio **ambiente** é contemplado no sentido de barrar as monoculturas extensivas, com

sua utilização massiva de agrotóxicos e adubos nitrogenados, diminuir o desmatamento em função do consumo de lenha para uso doméstico (THIBAU, 2000), e recuperação de áreas degradadas com a implantação da agropecuária orgânica com utilização de adubos orgânicos.

Esse ciclo desencadeia a melhoria da qualidade das terras e tende a aumentar a produtividade, pois uma propriedade que produzia apenas leite e agros poderá produzir também o álcool, energia e adubo orgânico de forma mais eficiente e barata. Vale ressaltar também que o pequeno produtor, principalmente no norte de Minas Gerais, já está muito familiarizado com o setor de leite e cachaça, sendo a retirada de leite e os equipamentos de alambique como fornalha, dorna e moenda, de seu pleno conhecimento e utilização (VASCONCELLOS et al., 2002).

A melhor **tecnologia** do mundo para esta evolução do país foi obtida ao longo de 30 anos, com a implantação do Proálcool, o maior e melhor programa de substituição de combustível fóssil do mundo, até hoje insuperável (NETTO., 2007). Mas devemos ficar alertas, pois a tecnologia é desenvolvida, dia a dia, alimentada pela criatividade, inovação e pesquisas, que hoje ocorre em vários países, podendo nós, sermos superados a qualquer momento.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

O consumo de energia, independente de qual fonte provém, se própria ou importada, se renovável ou não, se gera grande ou insignificante impacto ambiental e social, vem aumentando a níveis alarmantes e incompatíveis com os recursos naturais de nosso planeta. Não só o aumento da população, mas principalmente o modo de vida com consumo crescente de produtos e matéria prima por esta população, são causas da crescente crise energética atual.

O custo crescente dos combustíveis fósseis e as restrições ambientais e sociais tornam urgente o aproveitamento de fontes alternativas de energia.

O sistema UNIGEA utiliza a biomassa vegetal como fonte energética. Tendo como base uma microdestilaria de álcool integrada com a produção de açúcar, cachaça, melado, adubo orgânico, biogás, biofertilizante, alimentação para o gado, geração de energia elétrica e álcool combustível.

Obtém-se também benefícios sociais como geração de emprego, descentralização de renda, fixação do homem no campo, melhoria de sua saúde e qualidade de vida. Importante lembrar que como o sistema conta com um biodigestor, os dejetos humanos e animais gerados na propriedade devem ser a ele direcionados, pois além da geração de biogás e biofertilizante, também reduz consideravelmente o volume de organismos patogênicos, sejam bactérias, ovos ou larvas, tornando a aplicação do biofertilizante muito mais segura (TEIXEIRA., 2005).

O álcool, mais que a solução brasileira para a crise do petróleo, poderá se tornar uma alternativa mundial como energia renovável. A limitação das reservas de petróleo conhecidas, as dificuldades e riscos do uso de energia nuclear, a falta de alternativas com tecnologia já desenvolvida e economicamente viáveis, tornam o Brasil um país com garantia de viabilidade e independência para o futuro. Energia permanente, renovável e não poluente (MELLO, 1997).

O mundo ainda não foi capaz de adaptar-se a outra fonte energética mais limpa e renovável, porém o nosso país outra vez demonstrou ser mais aberto às inovações tecnológico-culturais do que qualquer outro. O surgimento dos veículos biocombustíveis (flex fuel) é um bom exemplo dessa sensacional adaptabilidade de consumo dos brasileiros. Ou seja, o mundo não sabe e ainda não está preparado para consumir o álcool. O Brasil sabe e está preparado para consumir o álcool (ROSSAFA., 2008).

O Programa Nacional do Álcool, PROÁLCOOL, implantado em 1975, não estava restrito apenas à redução da vulnerabilidade externa do país, no tocante aos combustíveis líquidos e à amenização dos problemas com o Balanço de Pagamentos. Mas também à redução das disparidades regionais e individuais de renda, o crescimento da renda interna e a expansão da produção nacional de bens de capital.

O sucesso do PROÁLCOOL só foi possível devido a condições preexistentes na época, quais sejam:

- grande disponibilidade de mão de obra de baixa qualificação, de terras aptas e de clima adequado;
- existência de um setor açucareiro desenvolvido, com capacidade técnica e gerencial para levar adiante o programa;
- disposição do governo em canalizar recursos para produção de álcool em condições privilegiadas no mercado financeiro;
- experiência do Brasil na produção de álcool, que já era um grande produtor e exportador desse produto para usos industriais, antes da crise do petróleo.

Além dessas condições apontadas, o setor açucareiro recém-modernizado apresentava elevada capacidade ociosa, resultado da substancial queda dos preços do açúcar no mercado internacional, que poderia ser reduzida

parcialmente com a produção de álcool, criando maior flexibilidade na produção de açúcar para exportação (ANNICCHINO, 1989).

Hoje já não contamos com caminhões, tratores e carregadeiras movidas a álcool, mas no início da década de 1980, contávamos com estes veículos sendo produzidos pela indústria nacional, e comercializados com ótimas perspectivas. Pesquisas e experiências práticas se multiplicavam na melhoria de eficiência e consumo (SANTOS., 1983). Se continuássemos neste caminho, talvez hoje tivéssemos além destes veículos também vários outros equipamentos movidos a álcool como roçadeiras, picadeiras, enfardadeiras, desidratadoras etc.

Os impactos macroeconômicos de um programa de microdestilarias seriam significativos para a economia brasileira contribuindo para mudar o perfil de distribuição de renda e o paradigma do próprio modelo econômico, na medida em que desconcentra o processo de crescimento e corrige os desequilíbrios regionais de renda inerente à lógica do grande capital (SAFATLE., 2011).

Estudos mostram que não é difícil produzir um litro de álcool na fazenda a custos inferiores a R\$0,80 (SILVA., 2007). Neste projeto, com a metodologia de produção e obtenção de vários subprodutos, este valor fica abaixo de R\$ 0,50.

A indústria química mundial obtém mais de 90% da matéria-prima para síntese de moléculas orgânicas com base no petróleo. A economista Valéria Delgado Bastos sugere que, no futuro, por razões econômicas, a alcoolquímica poderá substituir a petroquímica e o álcool poderá assumir o lugar do petróleo como fonte de matérias-primas. De acordo com ela, o déficit da balança comercial da indústria química brasileira, em 2006, foi cerca de 9 bilhões de dólares, o que prova a viabilidade econômica da alcoolquímica tanto do ponto de vista do comércio interno quanto do externo (ROSSAFA., 2008).

Desde os tempos da primeira república, o álcool combustível vem participando de forma muito expressiva do dia-a-dia dos brasileiros. No entanto, sempre tem sido mais valorizado nos momentos críticos da vida nacional, quase

sempre no bojo de clássicas e recorrentes dificuldades econômicas pelas quais o Brasil jamais deixou de passar. Condição que lhe confere, de certa forma, o papel muito especial de usual e permanente “salvador da pátria” (NETTO., 2007).

AGROECOLOGIA E SUA IMPORTÂNCIA

A agricultura industrial (AI), ou moderna não cumpriu seu objetivo de melhorar a vida da população rural, marginalizando contingentes enormes dessa população, que vivem o drama do êxodo e da vida marginal nos grandes centros urbanos, com as consequências em termos de qualidade de vida e de deterioração ambiental. Como a agricultura moderna não pôde, nem pode resolver os complexos problemas rurais e urbanos, necessita-se de uma agricultura pós-moderna ou pós-industrial (JESUS, 2005). O balanço energético da AI é negativo, ou seja, há um gasto de calorias maior do que sua produção (PIMENTEL, 1973).

A dinâmica das explorações agrárias não se explica só por condicionamentos agronômicos da parcela e sim por condicionamentos ambientais, sociais e econômicos. E mais, as variáveis sociais ocupam um papel muito relevante, dado que as relações estabelecidas entre os seres humanos e as instituições que as regulam constituem a peça-chave dos sistemas agrários, que dependem do homem para sua manutenção (Guterres, 2006).

O processo de invasão cultural e de lavagem cerebral, impostos pela civilização urbana industrial, baseada em duas premissas falsas: superioridade dos técnicos e pesquisadores sobre a cultura rural e a ideia de que a ciência representa a única forma de conhecimento válido, é aceito como ideologia e mecanismo de dominação (GOMES, 2005).

Não é de se estranhar, portanto, que a agroecologia tenha surgido precisamente por meio de uma interação entre os produtores – que se rebelam diante da deterioração da natureza e da sociedade provocada pelo modelo produtivo hegemônico – e por pesquisadores e professores mais comprometidos na busca de alternativas (GUSMÁN, 2005).

A agroecologia pode ser compreendida como um paradigma emergente, substituto da agricultura industrial ou convencional. Esse novo paradigma se diferencia por ter uma abordagem holística, não apenas no que concerne às questões ambientais, mas, sobretudo às questões humanas. Acredita-se que o processo de construção deste paradigma, agora no presente, possa representar a agricultura dominante no futuro, verdadeiramente sustentável, democrática, participativa e com a perspectiva de inclusão social e econômica, além da busca da máxima preservação possível dos recursos naturais, única garantia da sobrevivência das gerações futuras.

No entanto consideramos a agroecologia uma ciência em construção, com características transdisciplinares integrando conhecimentos de diversas outras ciências e incorporando inclusive, o conhecimento tradicional, porém este é validado por meio de metodologias científicas (mesmo que, às vezes, sejam métodos não-convencionais).

A modernização da agricultura privilegiou somente o aumento da produtividade agrícola com parâmetro para avaliar sua eficiência, desconsiderando o agricultor e o ambiente como partes do mesmo processo de desenvolvimento, gerando diversos problemas sociais e ambientais. Como contraponto, surgiram movimentos de agricultura alternativos ao modelo de produção atualmente predominante, baseados em princípios agroecológicos e caracterizados por diferentes correntes de pensamento (ASSIS, 2005).

O desenvolvimento rural sustentável depende de uma política agrária e ambiental, encorajando os agricultores a adotarem o modelo de produção

agroecológico, internalizando no sistema econômico os danos à natureza, provocados pelo modelo atual inadequado, o que somente será possível com ações consistentes do Poder Público, associada ao envolvimento efetivo da sociedade na construção de soluções para os problemas ambientais provocados pela agricultura convencional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto UNIGEA é um sistema onde uma microdestilaria de álcool é utilizada como plataforma para gerar energia (álcool combustível e eletricidade), alimentação humana e animal, emprego, distribuição de renda e recuperação de áreas degradadas, considerando os fatores **sociais, ambientais e econômicos**.

Utiliza como matéria prima básica a biomassa vegetal como cana, lenha, vinhaça e dejetos animais.

A biomassa tem uma notável particularidade dentre todas as outras fontes de energia renováveis, gera 3 tipos diferentes de combustível: **sólido, líquido e gasoso**, o que lhe confere flexibilidade de adaptação tecnológica de acordo com a necessidade.

Ela é potencialmente a maior fonte de energia do mundo e deveria desempenhar um papel decisivo na diversidade de fontes energéticas no futuro (HALL., 2005).

Este projeto modifica o modelo tradicional de gestão e produção das propriedades rurais, onde se produz somente alimentos. Em uma propriedade energética, além destes, produz também energia. Em qualquer propriedade rural, independente do tamanho pode-se produzir energia, inclusive aproveitando-se sobras e resíduos. É uma forma diferente de produção, pois considera não somente a economia, mas também o homem e o ambiente (Figura 1).

Transformidade = Energia incorporada / Energia do recurso

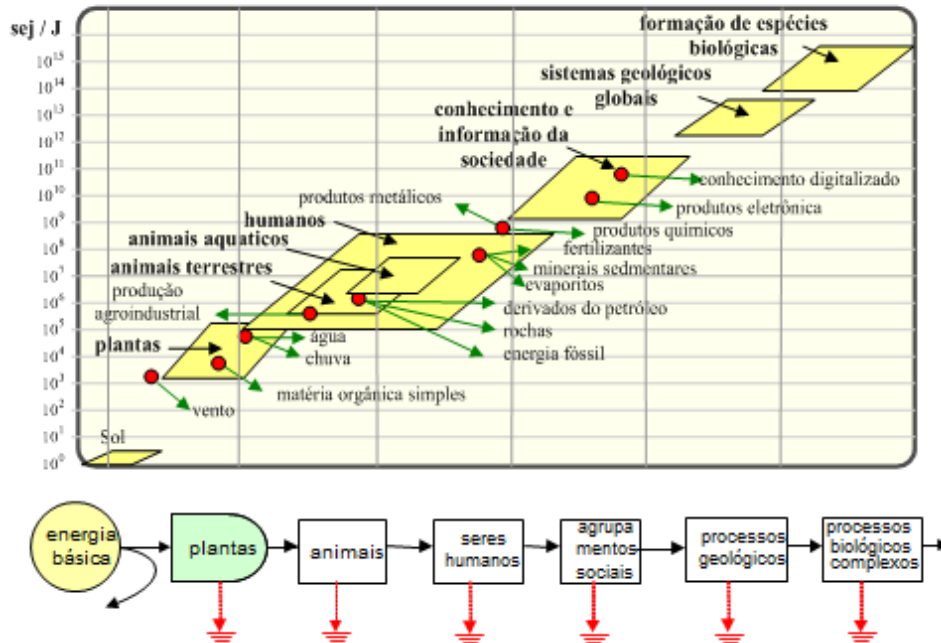


Figura 1

Na economia convencional, o preço econômico mede o trabalho humano agregado, porém, não leva em conta a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados, o custo das externalidades negativas, nem as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e pagas pela sociedade local (ORTEGA., 2002).

A metodologia emergética se propõe medir todas as contribuições (moeda, massa, energia, informação) em termos equivalentes. Para tal, faz uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia, sociologia etc. Esta metodologia foi aplicada na Fazenda Jardim (ORTEGA., 2008), município de Mateus Leme, onde está montado o projeto (Figura 2 e 3).

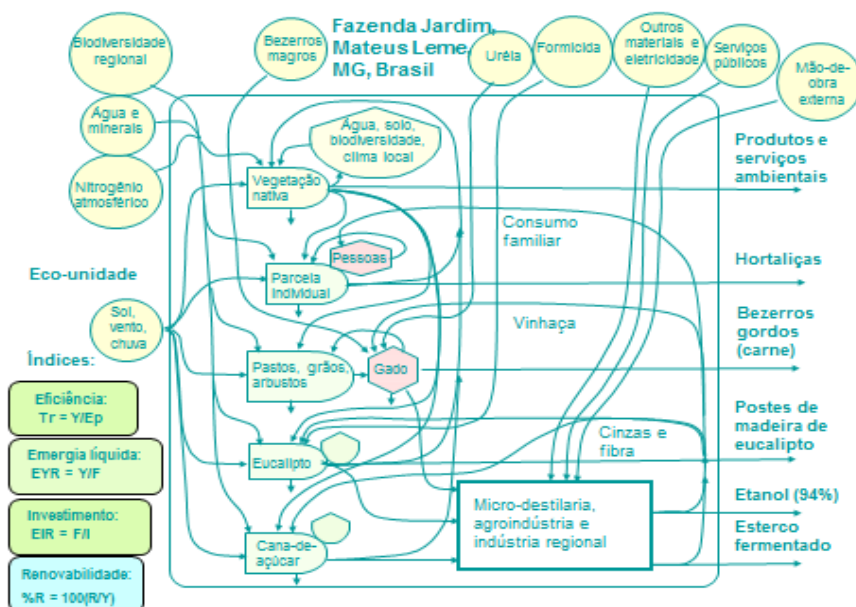


Figura 2

Fotos e resultados **Fazenda Jardim, Mateus Leme, MG, Brasil**

Índices Eco-unidade:

- Transformidade: $Tr = Y/Ep = 88\ 000\ seJ/J$
- Energia líquida: $EYR = Y/F = 3.1$
- Investimento: $EIR = F/I = 0.47$
- Renovabilidade: $\%R = 100(R/Y) = 66\%$

Destilaria comum:

- Transformidade: $Tr = Y/Ep = 59\ 000\ seJ/J$
- Energia líquida: $EYR = Y/F = 1.72$
- Taxa Investimento: $EIR = F/I = 1.39$
- Renovabilidade: $\%R = 100(R/Y) = 26\%$

Figura 3

O sistema pode atender a somente um produtor individual, com todos os equipamentos em sua propriedade, ou a uma associação ou cooperativa, onde estes produzem o álcool bruto (40° GL), que é entregue à central desta cooperativa onde fica a unidade retificadora que o transforma em álcool combustível (94° GL). Esta forma sem dúvida, de melhor apelo social, pois gera emprego, distribui renda e mantém o produtor em sua propriedade.

SISTEMA UNIGEA: MODELO INDIVIDUAL

DESCRIÇÃO DO PROCESSO E EQUIPAMENTOS

- 6 hectares de cana;
- 3 ha de floresta superdensa de eucalipto ou 10 ha de nativa com manejo;
- 3 hectares de pasto;
- 2 hectares para agricultura;
- 1 hectare para residência, galpão etc.

O processo se inicia com o plantio da cana considerando a análise de solo, os aspectos edáficos e variedades recomendadas, precoce, de ano e tardia, para que se possa atingir a produção média de 100 t/ha, em safra de 250 dias. Recomenda-se a produção orgânica por seus benefícios e premissas deste projeto. Os adubos mais utilizados em cultivo orgânico da cana-de-açúcar são os fertilizantes de origem orgânica ou mineral de baixa solubilidade, como os fosfatos naturais, calcários ou rochas moídas. A vinhaça e a torta de filtro são permitidas e fornecem praticamente todo o potássio e fósforo necessários, além de parte do nitrogênio (Soares., 2010).

Esta cana, após conferência de seu grau Brix (teor de açúcar), utilizando-se um brixímetro e uma amostra de caldo, neste plantio em torno de 21° (Figura 4), será colhida no volume de 2,5t por dia, cana inteira sem retirada de ponteiro e palhada. Esta cana cortada poderá ficar no máximo 48 horas em local sombreado aguardando a moagem.



Figura 4

Após o corte é efetuada a moagem em moenda de três ternos, com capacidade de uma t/cana/hora o que resulta em 600 litros de caldo (Figura 5). Para 2,5t teremos 1500 litros de caldo.



Figura 5

Os ternos da moenda devem ser regulados para não extrair totalmente o caldo, pois se deve deixar em torno de 10% de açúcar para ser mais palatável ao gado. Uma tonelada de cana gera 300 kg de bagaço. Então em 2,5t teremos 750 kg de bagaço.

Este bagaço será picado em picadeira comum de capim (Figura 6) e será disponibilizado, aproximadamente 300 kg no cocho, bem próximo ao galpão da usina, para facilitar o serviço (Figura 7).



Figura 6



Figura 7

Este volume atende ao consumo de 10 reses, misturando-se ao bagaço 40g de uréia por cabeça. **Primeiro subproduto do sistema (bagaço de cana).**

O restante do bagaço, cerca de 400 kg, deve ser espalhada ao piso (de preferência cimentado), próximo a este para que ao vir se alimentar, o gado pisoteie este bagaço que junto à urina e fezes, aproximadamente de 15 a 20 kg por animal (Figura 8), gere um produto base que ao ser retirado, regado com vinhaça e colocado ao sol formando medas (Figura 9), será fermentado, e em poucos dias se transformará em aproximadamente 300 kg/dia de adubo orgânico.

Segundo subproduto do sistema (adubo).



Figura 8



Figura 9

O caldo obtido da moenda, com 21° Brix, medida efetuada com brixímetro, é então enviado por gravidade, através de tubulação de PVC para a caixa de

diluição (FIGURA 10), esta, uma caixa d'água de 2000 litros, para que se possa adequá-lo à fermentação (desejável 16°Brix).

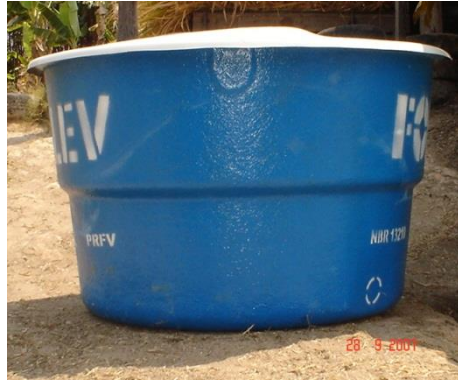


Figura 10

Esta diluição é efetuada acrescentando-se água potável conforme a fórmula (SILVA., 2007):

$$\text{Volume total} = \frac{\text{volume do caldo} \times \text{Brix do caldo}}{\text{Brix desejado}}$$

então para 1500 litros de caldo obtido teremos:

$$\text{volume de água} = \frac{1500 \times (21 - 16)}{16} = 468,751$$

Assim teremos um volume total de 1968,75 litros (caldo + água).

Após a diluição e obtenção de 16° Brix no caldo, este recebe o nome de mosto e é enviado por gravidade através de tubos de PVC, para as caixas de fermentação (Figura 11).



Figura 11

São utilizadas 3 caixas d'água de fibra de vidro com capacidade de 1500 litros cada. Cada caixa (contendo fermento) receberá em média 656,25 litros de mosto. A capacidade elevada de cada caixa se deve pelo aumento de volume durante a fermentação, evitando assim, seu derramamento.

O fermento utilizado pode ser químico ou natural. Em nosso caso utilizamos o natural produzido artesanalmente, utilizando fubá de milho, farelo de arroz e o caldo de cana.

Apesar da etapa de fermentação ser muito importante, o tipo de fermento natural e suas variações, influenciará apenas no tempo total de fermentação, tendo este também como vantagem a baixa possibilidade de morte por contaminação e boa longevidade, média de cinco meses.

Conforme a temperatura ambiente, este mosto permanecerá em repouso por 20 horas, para que seja efetuada a fermentação (transformação dos açúcares em álcool). Isto se dá quando a leitura do brixímetro no mosto indicar zero. Agora este mosto recebe o nome de vinho.

No vinho são encontrados porcentagens de água e álcool, que variam respectivamente de 88-93% a 7-12% (BORZANI., 1988).

Este vinho deverá ser enviado por gravidade, imediatamente, através de tubulação de PVC para o alambique (Figura 12).



Figura 12

O alambique é o equipamento responsável pela alambicagem, ou seja, é a separação dos elementos de uma solução que apresentam temperaturas de ebulição diferentes ao serem aquecidos.

Nosso alambique utiliza o sistema de vapor para ser aquecido.

O vapor para aquecimento do alambique é gerado por uma pequena caldeira de aproximadamente 200 kg/h de vapor e temperatura entre 90 a 100°C (Figura 13).



Figura 13

Seu consumo é de aproximadamente 200 kg de lenha por dia e fornece duas linhas de vapor, uma para o alambique e outra para o tacho.

Este tacho, com capacidade de 100 litros (Figura 14), aquecido com o vapor tem capacidade de produzir rapadura, açúcar mascavo e melado, já que a matéria prima utilizada é o caldo de cana obtido na moagem.



Figura 14

O álcool etílico puro apresenta uma temperatura de ebulição de $78,15^{\circ}\text{C}$, enquanto que a água pura 100°C . Ao se aquecer esta mistura dentro do alambique, forma-se vapor contendo álcool e água (corrente hidroalcoólica). Este vapor sobe pelo cilindro do alambique, com temperatura controlada de 90°C , onde existem alguns pratos perfurados, de modo que ao passar por cada um, o vapor vai perdendo água e aumentando seu teor alcoólico. No topo do cilindro existe uma derivação (T) com dois registros (1 cachaça e 2 álcool combustível) independentes, que resulta em dois destinos para este vapor com maior teor alcoólico.

O primeiro caminho (registro 1 aberto e 2 fechado) este vapor segue para um resfriador (Figura 15), para que este vapor seja condensado se transformando em cachaça, pois o cilindro com os pratos, é construído de forma para se obter uma quantidade de álcool no último prato em torno de 43°GL .



Figura 15

Na produção de cachaça o rendimento é o dobro do álcool. Para este volume inicial de 1500 litros de caldo, teremos nesta etapa aproximadamente 300 litros de cachaça. **Terceiro subproduto do sistema (cachaça).**

Ao término do processo de alambicagem, quando não se consegue mais um mínimo de 40°GL na saída 1 do alambique, ou menos de 90°GL na saída do resfriador de álcool, esgota-se o alambique. Este material (vinho com mínima quantidade de álcool) chama-se agora, vinhaça ou vinhoto.

Esta vinhaça, ainda quente, cerca de 90°C, segue por gravidade, através de mangueira para vapor emborrachada, para caixa de fibra de vidro com capacidade de 2000 litros, chamada de caixa de resfriamento (Figura 16 e 17).



Figura 16



Figura 17

Importante lembrar que a vinhaça é o subproduto de maior volume do sistema. Para cada litro de álcool combustível é gerado aproximadamente 13 litros de vinhaça. Então teremos para 150 litros de álcool combustível aproximadamente 1950 litros de vinhaça por dia. **Quarto subproduto do sistema (vinhaça).**

Após seu resfriamento tem várias utilidades como:

- enviada para os cochos para alimentação do gado (FIGURA 18)



Figura 18

- enviada ao biodigestor para produção de biogás e biofertilizante (Figura 19)



Figura 19

Na produção de 100 litros de álcool combustível, obtém-se 1300 litros de vinhaça, que devidamente processada no biodigestor pode gerar 1m³ de biogás, ou seja, 21.600kJ de energia (SILVA., 2005).

- enviada para rega das medas na produção do adubo orgânico

- enviada para irrigação da floresta superdensa
- enviada para irrigação do canal

A alimentação da caldeira é feita com lenha advinda dos 3 hectares de floresta superdensa (Figura 20), ou 10 hectares de nativa (Figura 21).



Figura 20



Figura 21

É dividida em 3 talhões de 1 hectare com 20000 árvores por hectare, para corte após 2 anos do plantio, ou 3 talhões de 3,3 hectares de nativa. Durante esta espera de dois anos para crescimento do eucalipto no modelo superdensa, pode-se utilizar a queima do bagaço na caldeira.

O corte do primeiro talhão abastece a caldeira por 4 meses. Assim com cortes sucessivos, ao final do consumo do último talhão, o primeiro talhão já pode ser cortado novamente. A rebrota é vigorosa pois somente se retira o lenho deixando-se na área a galhada e as folhas. Para não exaurir os nutrientes, toda a cinza, obtida na queima e que se deposita no cinzeiro da caldeira, é retornada ao plantio pois nela estão contidos os minerais. Também a cada dois meses se faz uma irrigação generosa com vinhaça.

Retomando o caminho do vapor, agora com o registro 1 fechado e o 2 aberto, este é introduzido na coluna de retificação (Figura 22), através de tubos de aço ou mangueira para vapor.



Figura 22

A coluna construída em aço inoxidável, utilizando a tecnologia de pratos, é responsável pela retificação que eleva o percentual do álcool de próximo de 40°GL para 94°GL. O vapor introduzido na base da coluna ao passar por cada prato perde água que em contraposição desce para a base enquanto o vapor rico em álcool sobe ao topo entrando no condensador. Ao ser condensado, o álcool agora em estado líquido mas ainda quente, desce para o resfriador. Após sair do resfriador, mede-se o teor de álcool com o alquímetro (Figura 23).



Figura 23

Estando esta medida em valor igual ou superior a 94°GL, abre-se o registro de saída de álcool e este está pronto para ser utilizado (Figura 24 e 25). Se o valor estiver abaixo, aguarda-se alguns minutos para que o álcool se concentre mais na coluna.



Figura 24



Figura 25

Em nosso caso, volume de caldo de 1500 litros, a produção será de aproximadamente 150 litros de álcool combustível por dia. Pode ser armazenado em tanques ou em bombonas (Figuras 26 e 27), dependendo do volume. **Quinto subproduto do sistema (álcool combustível).**



Figura 26



Figura 27

O álcool de alambique a partir de 85°GL já é considerado como álcool combustível.

A vinhaça enviada por gravidade para o biodigestor, através de mangueiras para vapor, gera dois subprodutos importantes para uma propriedade rural, o biogás e o biofertilizante.

O biogás serve para abastecimento de fogão para cocção de alimentos. Neste caso o biodigestor deve ser construído o mais próximo da cozinha para não haver perda de carga na linha de gás. **Sexto subproduto do sistema (biogás).**

Dependendo da tecnologia e eficiência do biodigestor, pode ser gerado de 6 a 32 litros de biogás para cada litro de vinhaça. (SBRT 2375. 2006).

O biofertilizante é o resíduo afluyente do biodigestor, resultado da fermentação anaeróbica da matéria orgânica ao produzir o biogás. É de excelente qualidade por ser rico em nitrogênio, fósforo e potássio, nutrientes fundamentais para o bom desenvolvimento das plantas. Além disso, ele não tem cheiro e nem favorece a criação de moscas.

Pode ser utilizado em aspersão como adubo folhear ou diretamente no solo, além de ser um ótimo adubo para tanques de piscicultura. **Sétimo subproduto do sistema (biofertilizante).**

Com o álcool combustível ou o biogás, podemos gerar energia elétrica através de um gerador (MARCA BRANCO, modelo B4T-10000 BIOFLEX), potência nominal de 8kva, bivolt 110/220 (Figura 28).



Figura 28

Este gerador opera com álcool combustível ou biogás e já vem pronto para ser utilizado com adaptadores, instrumentos, filtros etc. O consumo com biogás

é de 4m³/hora e com álcool combustível 3,8 litros/hora. **Oitavo subproduto do sistema (energia elétrica).**

O álcool combustível também pode ser utilizado em fogões a álcool, muito utilizado em países europeus mas praticamente desconhecido em nosso país (Figura 29).



Figura 29

Equipamentos de uma microdestilaria completa (modelo individual):

- 1 moenda 600 litros/hora;
- 1 caixa de diluição, fibra de vidro, 2000 litros;
- 3 caixas de fermentação, fibra de vidro, 1500 litros;
- 1 caldeira 200 kg/vapor/hora;
- 1 alambique 2000 litros;
- 1 resfriador 200 litros;
- 1 coluna de retificação;
- 2 tanques de armazenamento 10000 litros;
- 1 gerador elétrico;
- 1 biodigestor.

SISTEMA UNIGEA: MODELO COOPERATIVO

DESCRIÇÃO DO PROCESSO E EQUIPAMENTOS.

Neste modelo cooperativo, os produtores produzem o álcool bruto, com aproximadamente 50°GL. Este álcool bruto será enviado à central para ser retificado, se transformando em álcool combustível com 94°GL.

A área de 15 hectares é dividida entre dez pequenos agricultores, cabendo-lhes 3 hectares (glebas), mais 3 hectare de área comum a todos, esta com o nome de central. O ideal é que esta central seja situada no centro e as glebas em seu entorno, para que a logística seja simples (Figura 30). Não havendo esta possibilidade, que a central se situe o mais próximo possível entre as glebas.

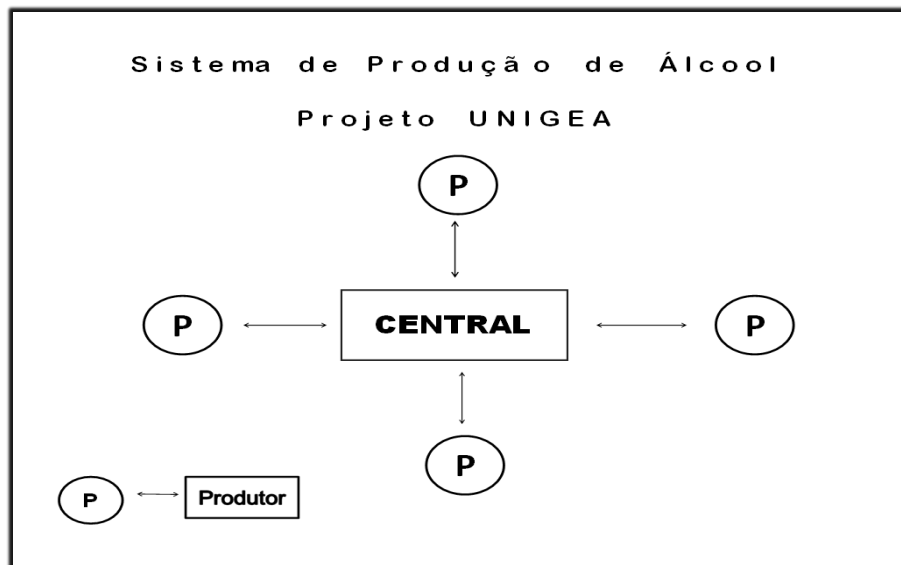


Figura 30

Cada gleba de 3 hectares é assim dividida:

- 0,6 hectares de cana;
- 0,4 hectares de floresta superdensa de eucalipto ou 1 hectare de nativa com manejo;
- 1 hectare de pasto;
- 1 hectare para agricultura, residência, coberta, etc.

A central terá 2,5 hectares de floresta superdensa plantada, mais uma coberta com caldeira, alambique e coluna retificadora e dois tanques de armazenamento. Um para o álcool bruto que chega das glebas (tanque de entrada) e outro para o álcool combustível pronto (tanque de saída), iguais ao modelo individual.

O processo se inicia com o plantio da cana, área de 0,6 hectares, atendendo aos mesmos procedimentos do modelo individual.

O corte diário será de 400 kg/dia, observando de deixá-la à sombra, no máximo por 48 horas antes da moagem.

A moagem será efetuada por uma pequena moenda de 1cv, 120 litros/hora (Figura 31).

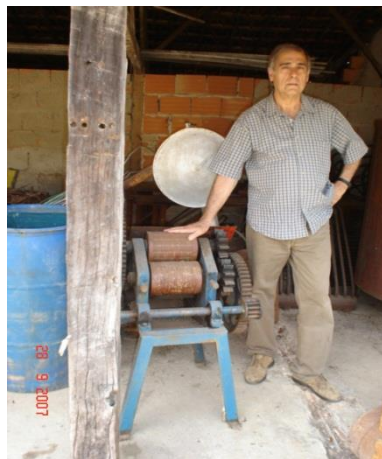


Figura 31

Esta fornecerá aproximadamente 240 litros de caldo e 120 kg de bagaço.

Primeiro subproduto do sistema (bagaço).

Este caldo será enviado por gravidade através de tubo de PVC à caixa de diluição, para se obter o Brix desejado (16°), conforme procedimento igual ao modelo individual. Esta caixa de fibra de vidro, com capacidade de 500 litros (Figura 32).

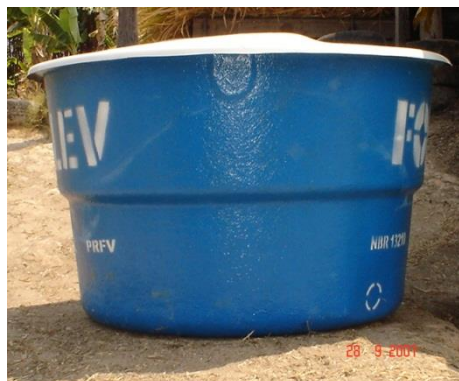


Figura 32

Após a diluição, este mosto com volume de 315 litros, é enviado por gravidade através de tubo PVC, para a caixa de fermentação. Aqui ocorre o processo de fermentação conforme descrito no modelo individual. Esta caixa também de fibra de vidro com capacidade de 1000 litros.

Em aproximadamente 20 horas, termina a fermentação (a medida do brixímetro é zero). Então este agora, vinho, é enviado para ser destilado em um pequeno alambique de cachaça com volume de 400 litros. Normalmente estes alambiques são feitos de cobre para produzir cachaça em torno dos 40°GL ou álcool bruto de 50°GL (Figura 33). **Segundo subproduto do sistema (cachaça).**



Figura 33

Estes alambiques são aquecidos através de pequenas fornalhas à lenha (Figura 34).



Figura 34

Esta lenha é fornecida pela floresta superdensa ou nativa, observando os mesmos procedimentos do modelo individual.

Assim o produtor pode retirar a cachaça com 40°GL (aproximadamente 48 litros) ou deixar a alambicagem prosseguir até conseguir o máximo de álcool bruto (aproximadamente 40 litros) em torno de 50°GL.

No término de qualquer destas duas etapas restará no alambique em torno de 270 litros de vinhaça. **Terceiro subproduto do sistema (vinhaça).**

Esta vinhaça deverá ser aproveitada da mesma maneira explicada no modelo individual com todos os seus benefícios.

O produtor também pode ter um tacho de 20 litros para que possa produzir rapadura, açúcar mascavo e melado, pois sua matéria prima é o caldo de cana (Figura 35).



Figura 35

Prosseguindo, este álcool bruto deve ser entregue à central para ser retificado (elevação do teor alcoólico de 50 para 94°GL).

Na central, este álcool bruto é armazenado no tanque de entrada. Este é enviado para o alambique e deste para a coluna. Este processo de alambicagem e retificação é o mesmo descrito no modelo individual.

Esta central recebe 400 litros de álcool bruto por dia (40 litros de cada produtor), que ao ser retificado produzirá aproximadamente 250 litros de álcool combustível/dia. Este então será enviado ao tanque de saída para armazenamento.

Neste alambique da central também se obtém uma quantidade de vinhaça que, após término do processo, deve ser descartada conforme visto no modelo individual.

Equipamentos para cada produtor e central (modelo cooperativa)

Cada produtor (gleba):

- moenda 120 litros/hora
- 1caixa de diluição, fibra de vidro, 500 litros
- 1caixa de fermentação, fibra de vidro, 1000 litros
- 1 alambique de fogo direto, 400 litros

- fornalha ou fogão a lenha
- 1tacho de 50 litros
- bombonas 50 litros

A central:

- 1tanque de armazenamento de entrada de álcool bruto, 10000 litros
- 1caldeira de 200 kg de vapor
- 1alambique para 2000 litros
- 1coluna de retificação
- 1tanque de armazenamento de saída do álcool pronto, 10000 litros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta microdestilaria, que é a base de todo o sistema, pode atender aos pequenos e médios produtores rurais. Sua produção de álcool é de aproximadamente 40 litros/hora em batelada. Pode-se também utilizá-la em produção contínua, somente acrescentando-se mais um alambique trabalhando alternado (enquanto se alambica em um, esgota-se a vinhaça e enche com o vinho o segundo). Neste caso a produção da coluna será em torno de 60 litros/hora.

O álcool em média é retirado com o mínimo de 94°GL, com qualidade superior ao vendido nos postos com um mínimo de 92°GL (ANP., 2011).

A água utilizada no projeto foi de mina própria, com pressão para chegar ao condensador (altura de 6m), entrando com temperatura de 22°C e saindo após também passar pelo resfriador a 35°C.

Como esta água somente sofre aquecimento e resfriamento, após correr em tubos superficiais e resfriar a 25°C, ao bebedouro para o gado e após atingir temperatura ambiente é disposta.

Esta água pode também ser utilizada com sistema de retorno. Como o tempo de coluna funcionando (produção de 150 litros/dia) é de aproximadamente 5 horas, pode-se utilizar uma bomba elétrica de 1/4cv e duas caixas de fibra de vidro de 7500 litros, uma ao nível do solo, caixa 1, e outra ao nível do condensador, caixa 2, ao nível de 7m de altura.

Ao término do trabalho, toda a água aproximadamente 7500 litros, estará na caixa 1 com temperatura de 35°C. Quando esta água estiver à temperatura de 25°C, um termostato atuará a bomba no interior desta caixa, elevando a água, agora fria para a caixa 2.

No início do trabalho no dia seguinte, o sistema trabalhará normalmente.

Todos os procedimentos para a produção de todos os subprodutos são de fácil compreensão como também sua utilização. Não necessita de pessoal especializado, e os instrumentos são termômetro, brixímetro e alquímetro.

Claro que todo este processo pode ser automatizado nas etapas de controle, principalmente nas operações de caldeira, alambique e coluna. Esta automação está sendo desenvolvida e se adequando ao sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este sistema foi concebido por ideal para ser implantado no modelo cooperativo.

Os produtores que já têm um alambique podem somente adquirir a coluna retificadora para também produzirem o álcool combustível, já que ao se fabricar a cachaça a cabeça e a calda, são descartadas, aproximadamente 20%, e na maioria das vezes de modo equivocado. Este resíduo pode ser retificado, pois ainda contém entre 15 a 20% de álcool.

Penso que este projeto implicará em não somente na área rural, mas com influência positiva também nas cidades como:

- geração de emprego;
- descentralização e aumento de renda;
- fixação do homem no campo com trabalho, dignidade e perspectiva;
- melhoria na sua qualidade de vida, sua saúde, segurança e confiança;
- geração de energia limpa e alimentos saudáveis.

Este projeto não utiliza produtos químicos, não agride o meio ambiente e é sustentável, pois seu ciclo é fechado aproveitando-se todos os resíduos e não gerando sobras e desperdícios.

Talvez o maior dano causado pelas multinacionais do setor agropecuário aos camponeses, foi roubar-lhes séculos de conhecimentos que foram transmitidos de pai para filho, durante várias gerações, em especial através da fala e da experiência. Grande parte desse conhecimento não foi escrito e para sempre se perdeu esta sabedoria popular. Cada família de agricultores precisa se tornar cientista de sua própria profissão, aprendendo com a natureza, com o comportamento das plantas, dos animais e do ambiente, complementando com conhecimentos sistematizados pelos estudos científicos acumulados pela humanidade.

“Agricultura sustentável é aquela ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa, culturalmente adaptada, que se desenvolve como um processo, numa condição democrática e participativa” (FORUM GLOBAL, 1992).

Muitos projetos continuam com a mesma lógica da pesquisa tradicional (por produtos disciplinares baseados no delineamento experimental clássico, com pouca ou nenhuma participação de agricultores, realizados em condições artificiais e diferentes da que operam os agricultores). Além disso, a análise dos projetos também continua sendo feita por pesquisadores consagrados, mas que também mantém seus vínculos com os princípios metodológicos do paradigma convencional. Ou seja, aquilo que se deseja substituir atua como força inercial, dificultando a transição na pesquisa. Esse fato tem um peso tão importante, que influi até mesmo na formatação de provas de concursos de instituições em busca de mudanças internas, a favor da agroecologia (GOMES, 2005).

6 CONCLUSÃO

Não se pode deixar que milhões de famílias rurais fiquem fora do processo produtivo do álcool, o mais lucrativo negócio da agroindústria do país.

Em apenas um hectare de cana, produz-se em média 80 toneladas de cana, perfazendo 4800 litros de álcool combustível, o equivalente a 60 barris de petróleo. Com esta microdestilaria, o pequeno produtor produz este combustível, limpo e renovável. Uma riqueza no solo de sua propriedade.

> Entre todos os combustíveis alternativos, o mais viável atualmente, do ponto de vista econômico social e ambiental, é o **ÁLCOOL**.

> Entre todos os tipos de **ÁLCOOL**, o de cana-de-açúcar é o que tem maiores chances de participar substancialmente da matriz energética planetária.

> O **ÁLCOOL** é a usina de força dos países tropicais, eficiente, limpa e renovável.

> Entre todos os países produtores de **ÁLCOOL**, o **BRASIL** é aquele que apresenta as melhores condições geográficas, climáticas, culturais, econômicas e tecnológicas para liderar a produção.

Este trabalho não se conclui em suas possibilidades, ao contrário, como uma árvore frutífera jovem, apenas alguns frutos foram colhidos. Com pesquisa, tecnologia, inovação e responsabilidade ambiental, muitos outros haverão de ser colhidos ajudando a melhorar a qualidade e quantidade de energia e alimentos advindos da biomassa, fatores vitais a qualquer civilização.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, CARLOS HENRIQUE DE BRITO. **BIOETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR : P&D PARA PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE.** São Paulo, SP: E. Blucher, 2010. 954p.

GUTERREZ, IVANI. **AGROECOLOGIA MILITANTE.** São Paulo, SP: Expressão Popular, 2006. 183p.

HALL, D. O.; HOUSE, J. I.; SCRASE, I. **USO DA BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA BRASILEIRA : VISÃO GERAL DE ENERGIA E BIOMASSA.** Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005. 448p.

JESUS, E.L.; GOMES, J.C.C.; FEIDEN, A.; GUZMÁN E.S.; ASSIS, R.L. **AGROECOLOGIA : PRINCÍPIOS E TÉCNICAS PARA UMA AGRICULTURA ORGÂNICA SUSTENTÁVEL.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 517p.

MELLO, MARCELLO GUIMARÃES. **BIOMASSA, ENERGIA DOS TRÓPICOS EM MINAS GERAIS.** Belo Horizonte, MG: LabMídia, 2001. 268p.

NETTO, JOÃO NATALE. **A SAGA DO ÁLCOOL.** Osasco, SP: Novo Século Editora, 2007. 343p.

ORTEGA, E.; ULGIATI, S. (Ed). **ENERGY-ECOLOGY ISSUES IN LATIN AMERICA.** Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2004. 484p.

ORTEGA, E.; WATANABE, M.; CAVALETT, O. **BIOMASSA PARA ENERGIA: A PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRO E MINIDESTILARIAS**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008. 735p.

PRIMAFESI, ODO. **MANEJO AMBIENTAL AGRÍCOLA PARA AGRICULTURA TROPICAL AGRONÔMICA E SOCIEDADE**. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres, 2013. 840p.

RIBEIRO, FERNANDO ALGUSTO MOREIRA.; ROSSAFA, LUIZ ANTONIO. **ÁLCOOL COMBUSTÍVEL**. BRASÍLIA, DF: Editora do Instituto Euvaldo Lodi, 2008.165p.

SANTOS, CELSO ELESBÃO DOS. **AVALIAÇÃO DE CAMINHÕES E TRATORES A ÁLCOOL**. SÃO PAULO, SP: Sopral, 1983. 176p.

SACHS, IGNACY. **A TERCEIRA MARGEM : EM BUSCA DO ECODESENVOLVIMENTO**. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2009. 392p.

SAFATLE, FERNANDO NETTO. **A ECONOMIA POLÍTICA DO ETANOL : A DEMOCRATIZAÇÃO DA AGROENERGIA E O IMPÁCTO NA MUDANÇA DO MODELO ECONÔMICO**. São Paulo, SP: Alameda Casa Editorial, 2011. 295p.

SILVA, FÁBIO MOREIRA DA. **BIOCOMBUSTÍVEIS**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2005. 99p.

SILVA, JUAREZ DE SOUZA E. **PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NA**

FAZENDA. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011. 390p.

SOARES, ROGÉRIO AUGUSTO BREMM. et al. **CANA-DE-AÇÚCAR :**

PRODUÇÃO DE CANA ORGÂNICA. Campinas, SP: Editora do Centro de
Cana do Instituto Agrônômico, 2010. 882p.

TEIXEIRA, VITOR HUGO. **BIOGÁS.** Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2005. 93p.

THIBAU, CARLOS EUGÊNIO. **PRODUÇÃO SUSTENTADA EM**

FLORESTAS: CONCEITOS E TECNOLOGIAS, BIOMASSA

ENERGÉTICA, PESQUISAS E CONSTATAÇÕES. Belo Horizonte, MG:

Escriba Editora Gráfica Ltda., 2000. 511p.

WERTHER, ANNICCHINO. **PROÁLCOOL FUNDAMENTOS E**

PERSPECTIVAS. 2.ed. São Paulo, SP: Editora COPERSUCAR, 1989.121p.

VASCONCELLOS, GILBERTO FELISBERTO. **A SALVAÇÃO DA**

LAVOURA : RECEITA DA FARTURA PARA O POVO BRASILEIRO. São

Paulo, SP: Editora Casa Amarela, 2004.95p.

ANEXO II
CROQUI DA MICRODESTILARIA

