



**Universidade Federal de Santa Catarina**  
Centro de Ciências Agrárias  
Curso de Agronomia  
Relatório de Estágio de Conclusão de Curso

**A MATRIZ ENERGÉTICA NO  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Henrique von Hertwig Bittencourt

Florianópolis, julho de 2005

# **RELATÓRIO DE ESTÁGIO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

## **A MATRIZ ENERGÉTICA NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Henrique von Hertwig Bittencourt

Julho / 2005

**Orientador:**

**Prof. Msc. Antônio Carlos Machado da Rosa**

**Avaliadores:**

**Eng. Agr. Alexandre Lenzi  
Eng. Agr. Ricardo Bittencourt  
Eng. Agr. Marcos Alberto Lana**

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Paulo e Monique e a todos meus familiares, que sempre acreditaram nos meus sonhos e nunca deixaram de me apoiar nas minhas escolhas.

Aos meus irmãos e irmãs da vida, que de uma forma ou de outra me mostraram como ela é bonita; Daniel Moritz, Felipe Costa, Emanuele Elly, Marcos Lana, Merklen Li, Felipe Bittencourt, Eduardo Matys, Douglas Bittencourt, Frederico Rodrigues, Felipe Romanowski, Marcelo Venturi, Alice Medeiros, André Ricardo Righetto, Osmar Cardoso Júnior, Carlos Fernando Collares, Charles Padilha, Nátali von Ende Lopes, Jean Pitz, Daniela von Hertwig, Gabrielle Damásio, Jocielle Machado, Marcelo Pacheco, Andréia Tecchio, Ivo Macagnan, Micheli dos Santos, Pablo Nunes, Rafael Duarte, Tiago Soliman, Paula Bloise Borba, Thiago Angioletti, Tiago Uliano Cardoso, Vinicius Scherer, Vivian Lipiarski, Thais Blauth, Rodrigo Cunha, Franciane Carreira Alves, Raoni Duarte, Michele Tramontin, Melissa Toledo, Laís Capel, Ana Paula Nebias, Frederico de Cau Duro, Guilherme Espíndola, Gilmar Borsoi, Jussara Orige Bach, Guilherme Ribeiro Gomes, Guilherme Garcia, Amanda Accorsi e Márcio de Oliveira.

Aos mestres que sempre se mostraram exemplos de dedicação e amor, a agronomia, a pedagogia e ao próximo; Antônio Carlos Machado da Rosa, Giorgini Augusto Venturieri, Aimê Rachel Magenta Magalhães, César Assis Butignol, Darci Odílio Paul Trebien, José Carlos Fiad Padilha, Miguel Pedro Guerra, Paulo Emílio Lovato, Sandro Luís Schlindwein, João Lídio Sprada, Ana Rita Rodrigues Vieira e Antônio Airton Auzani Uberti.

Ao pessoal do CAPA; Ingrid, Vítor, Volmir, Valdete, Gilmar, Andréia, Ivo e Mari, que me trataram com muito respeito, paciência e carinho e as famílias dos agricultores; família do sr. Orba, do sr. Sganzela, do sr. Pedro e do sr. Vilmar, que receberam um desconhecido estagiário em suas casas, sempre com os corações abertos. Sem eles a realização deste trabalho não seria possível.

A turma do restaurante universitário; Joel, Zoraide e Neiva e ao pessoal da biblioteca pela compaixão e paciência.

“Este grande número de homens que só trabalham na destruição do Brasil, maquinando dia e noite a maneira de aumentar o dano que fazem. Vão no tempo do estio lançar fogo às frondosas matas para se divertirem com o incêndio, e outros para, na limpa que o fogo faz, plantar alguns pés de abóboras e cabaças, trocando destarte o que vale milhões pelo que nada vale. É doloroso ver reduzir a cinzas léguas de matas aformoseadas de preciosos troncos, tornando fecundos terrenos ornados daquelas em vis charnecas e péssimas mondas.”

Muniz de Souza, no ano de 1834, descrevendo a agricultura no Brasil, à sua versão. Do livro Viagens e Observações.

## Sumário

1. Introdução .....	06
2. Objetivos .....	11
2.1 Geral .....	11
2.2 Específicos .....	11
3. Justificativa .....	12
4. Atividades Desenvolvidas no Estágio .....	13
5. Discussão .....	18
5.1 Energia.....	20
5.1.2 Energia na Propriedade Rural.....	21
5.2 As Fontes de Energia .....	22
5.2.1 Energia Elétrica .....	24
5.2.2 Gases .....	25
5.2.3 Energia Eólica.....	26
5.2.4 Energia Hidráulica.....	28
5.2.5 Energia Solar .....	28
5.2.6 Biomassa .....	30
5.2.6.1 Fotossíntese .....	33
5.2.6.2 Ciclo do Carbono .....	34
6. Lenha na Propriedade Rural .....	36
7. Conclusões, Propostas e Sugestões .....	39
8. Considerações sobre o Estágio .....	40
9. Bibliografia .....	41

## 1. Introdução

O Estágio foi realizado na Organização Não Governamental (ONG) CAPA (Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor) no núcleo de Erechim. O Centro conta com uma rede composta por cinco centros, distribuídos nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, mas atendendo também municípios da região Oeste de Santa Catarina.

A ONG foi criada em 1978 pela Igreja Evangélica de Confissão Luterana do Brasil (IECLB). A equipe técnica é formada por profissionais da área da agricultura ecológica, saúde, administração e comunicação.

A rede CAPA contribui ativamente, através de um papel técnico e político dentro de uma metodologia participativa para a promoção de desenvolvimento capaz de render aos ditos pequenos agricultores, uma vida digna no campo, fortalecendo a capacidade de cooperação e organização da agricultura familiar.

A ONG atua com uma proposta agroecológica, visando promover o desenvolvimento rural sustentável das pequenas propriedades rurais, no entanto, durante o período do estágio, foi observado que as questões que envolvem as matrizes energéticas visando o desenvolvimento rural sustentável não eram muito discutidas.

A questão do gerenciamento das matrizes energéticas nas propriedades rurais é algo que transcende eletrificação, máquinas e motores. Neste trabalho de conclusão de curso o tema será tratado como um aspecto indispensável a ser considerado no gerenciamento de propriedades rurais que buscam modelos mais sustentáveis de desenvolvimento.

A sustentabilidade ambiental é relativa aos impactos de atividades humanas sobre o meio ambiente. Assim, a produção primária, fornecida pela natureza é a base que viabiliza a existência humana (VAN BELLEN, 2005).

Uma das questões presentes no debate atual sobre a agricultura é justamente esta sustentabilidade. Nos desafios colocados pela sociedade aos sistemas de produção agropecuária estão incluídos os já conhecidos, relacionados à necessidade de produção de alimentos, fibras e outras matérias-primas em quantidade e qualidade adequadas e, também a nova exigência da sociedade de

que essa produção não contamine o ambiente, não exerça pressão inadequada sobre os recursos naturais e que leve em consideração os aspectos relacionados à equidade social. Assim, exige-se que seja estabelecido um padrão de tecnologia sustentável ao longo do tempo.

Essa necessidade de estabelecimento de sistemas de produção sustentáveis surgiu dos problemas dos sistemas de produção propostos e difundidos nos processos de subordinação da agricultura aos setores industriais, de serviços e financeiros. Esses modelos receberam, várias denominações, tais como revolução verde e modernização da agricultura. Assim, ao mesmo tempo em que a humanidade atinge, para parte dos agricultores, níveis sem precedentes de controle do ambiente para a produção, os problemas ambientais e aqueles relacionados à equidade social crescem de maneira rápida.

A proposta aqui é apresentar e compreender as matrizes energéticas disponíveis nas pequenas propriedades rurais visitadas e sua possível aplicação prática dentro de um contexto de sustentabilidade como, por exemplo, estimar a quantidade de lenha a ser produzida em uma propriedade para atender a demanda de uma família.

Dentro do gerenciamento energético da propriedade familiar brasileira, existe um universo ainda inexplorado, em sua grande maioria, especialmente nos moldes da cultura ocidental européia. A civilização Inca que habitou a região do altiplano sul-americano na cordilheira andina, por exemplo, exerceu muitos dos ideais propostos por profissionais da área atualmente como o aproveitamento e a integração das fontes energéticas renováveis disponíveis.

Podemos dizer que a matriz energética em uma propriedade é compreendida por um total de quinze elementos, que serão classificados e divididos em três grandes grupos. O primeiro é o das fontes e corresponde a origem da energia dentro da propriedade. O segundo são os modelos e tecnologias de processamento de energia. Por fim, mas não menos importante está o grupo dos sistemas de conservação de energia.

Dentro das fontes de energia, que serão tratadas a seguir, veremos que elas podem ser enquadradas em dois grandes grupos, o primeiro composto pelas fontes renováveis de energia que orientam rumo a sustentabilidade ou o segundo,

das fontes não-renováveis que limitam a sustentabilidade do processo, neste caso a agricultura familiar.

Dentro do grupo das fontes renováveis estão a energia solar, eólica, hidráulica e a que mais será discutida posteriormente dentro deste trabalho, que é a biomassa com finalidade de combustão.

No grupo das fontes não-renováveis estão todos os combustíveis fósseis e o carvão mineral.

Outro fator importante, além da questão da renovabilidade da fonte de energia utilizada é o gasto energético para obtenção do produto dentro da propriedade rural. É interessante para que se alcance a sustentabilidade que o gasto energético na propriedade ou no sistema de produção seja compatível (aproximado) com a energia disponível no produto final. Quanto menor a energia dissipada durante a transformação para obtenção do produto mais eficiente é o processo.

Além da renovabilidade e da questão da eficiência energética, é importante aproveitarmos as fontes disponíveis criando uma integração das mesmas, pois desta forma ajudamos a aumentar a eficiência de aproveitamento dentro dos limites disponíveis.

Para um melhor entendimento da questão das matrizes de uma maneira geral, é importante compreender antes o conceito de ecossistemas, para que se tenha a idéia de matrizes energéticas em torno da sustentabilidade.

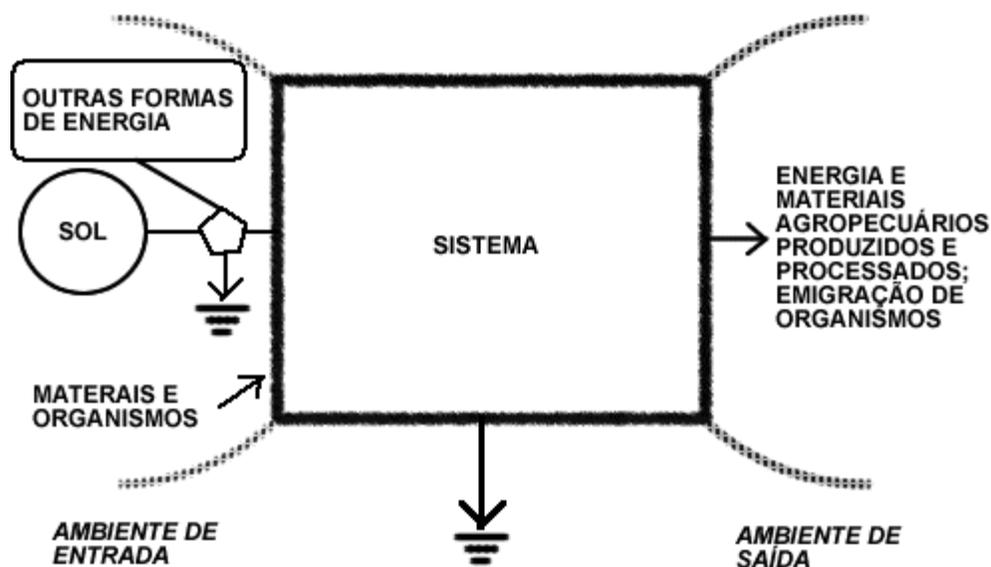
Um ecossistema é um sistema dinâmico aberto, fora do ponto de equilíbrio, que troca continuamente energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna, sendo que não só ele, mas qualquer sistema, artificial ou natural que não esteja de acordo e anda neste caminho, está condenado ao fracasso (ODUM, 1983). A energia pode então ser chamada de denominador comum para todo o tipo de sistema, seja natural ou projetado pelo homem.

A pequena propriedade rural, por sua comum complexidade em virtude da integração de diversos meios de produção, deve estabelecer um gerenciamento energético racional para que atinja sucesso no que se predispõe a realizar.

Todos os ecossistemas são sistemas abertos, existindo entradas e saídas necessárias de energia. O ambiente de entrada e o de saída estão interligados através do ecossistema e são essenciais para que o mesmo funcione e se mantenha (ODUM, 1983).

O tamanho dos ambientes de entrada e saída variam com o tamanho do sistema, intensidade metabólica e equilíbrio autotrófico-heterotrófico; pois, quanto maior o desequilíbrio mais necessário se fazem elementos externos para equilibrar o sistema.

A interação do ambiente de entrada, o sistema delimitado e o ambiente de saída constituem de forma integral o agroecossistema. A figura 1. representa a interação energética deste e o ambiente externo.



(MODELO ADAPTADO DE ODUM, 1983  
POR HENRIQUE VON HERTWIG BITTENCOURT)

Figura 1. Representação do fluxo energético através um agroecossistema.

Os ecossistemas devem ser gerenciados para canalizar a conversão máxima de energia solar e outras energias em produtos agrícolas, através de um duplo processo. O primeiro é a conversão da energia solar em biomassa e o

segundo seria a seleção de plantas e animais que otimizem a produtividade neste ambiente (ODUM, 1983).

O fluxo e a eficiência energética podem nos fornecer alguns aspectos da estrutura de um ecossistema como, por exemplo, o número de níveis tróficos, a importância de detritívoros e herbívoros, os valores de equilíbrio de biomassa e detritos acumulados e as taxas de troca de matéria orgânica (RICKLEFS, 2003).

O balanço energético total é obtido através da diferença entre créditos e débitos. Como já foi descrito o agroecossistema ganha energia principalmente através da assimilação fotossintética de luz pelos autótrofos, mas também pela pelo aporte de energia externa (matéria orgânica, adubação, etc.) oriunda de insumos para a produção vegetal e animal. A matéria orgânica que provem de fora do ecossistema é chamada de entrada alóctone e a fotossíntese que ocorre dentro dele autóctone.

Assim como nos agroecossistemas, a eficiência energética também deve ser avaliada dentro de cada sistema de produção para que possamos avaliar sua viabilidade. Os sistemas de produção não devem apresentar maior entrada de energia que saída, o balanço entre entrada e saída deve ser de tal forma equilibrado que possibilite sua utilização dentro de um traçado sustentável.

Para a otimização da energia dentro da propriedade é importante que se tenha conhecimento das fontes de energia disponíveis, do processamento da energia que se está trabalhando e dos sistemas de conservação de energia.

**Palavras chave:** Energia, Matriz Energética, Sustentabilidade, Propriedade Rural.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Compreender o contexto atual da matriz energética em pequenas propriedades rurais.

### **2.2 Específicos**

- Identificar as matrizes energéticas nas pequenas propriedades rurais.
- Analisar matrizes energéticas de pequenas propriedades rurais.
- Descrever modos de aplicação dos sistemas com matrizes energéticas dentro da propriedade rural.
- Estimar a utilização de biomassa como principal matriz energética na propriedade.

### 3. Justificativa

Dentro dos hábitos atuais na administração da energia, se vê a necessidade de encontrar caminhos que levem ao desenvolvimento sustentável. Dentro desta ótica é extremamente importante levar em conta também o modo com que se pensa a matriz energética dentro da propriedade rural.

A gestão da energia pode determinar o sucesso ou fracasso energético e subsequente econômico da propriedade.

Modelos de produção ditos sofisticados como, por exemplo, as gaiolas para a produção de ovos de aves, tem-se mostrado inviáveis em virtude da sua baixa eficiência energética.

Como já foi dito, o equilíbrio entre gasto energético e energia obtida no produto deve ser buscado. Quanto mais distante a relação entre energia aplicada e energia obtida mais distante estará o sistema de produção da sustentabilidade.

Atualmente vemos corriqueiramente sistemas de produção que não avaliam gasto energético como ponto crítico determinante de viabilidade para seu funcionamento.

É necessária uma revisão daqueles paradigmas que retratam que quanto maior a produção melhor é a sua eficiência, elaborados principalmente durante o período em que se deu origem à revolução verde<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A revolução verde foi constituída por uma cadeia de processos e atividades que é conhecida como o “pacote tecnológico” da agricultura moderna. Consiste numa busca incessante de um aumento da produção e produtividade das atividades agropecuárias a qualquer custo e começou a ser proposto depois da segunda guerra mundial para aproveitar as indústrias químicas ociosas e dar destino a matéria prima não utilizada.

#### 4. Atividades Desenvolvidas no Estágio

A permanência no centro de atuação de Erechim foi do dia 14 de fevereiro ao dia 15 de abril de 2005. No primeiro mês as atividades do estágio foram realizadas dentro do raio de atuação do centro de Erechim e no segundo de Saltinho.

O grupo do CAPA, núcleo Erechim, é composto por seis profissionais da área agrária, sendo cinco deles agrônomos e um técnico agrícola e uma profissional de economia doméstica.

Foram feitos acompanhamentos a reuniões dos grupos de agricultores bem como a estada em algumas propriedades familiares, conforme o quadro 1.

ATIVIDADE	ACOMPANHAMENTO	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	DATA
Reunião de Grupo	Gilmar / Valdete	Alto Bela Vista - SC	Linha Floresta	15/2/2005
Reunião de Grupo	Volmir / Valdete	Severiano de Almeida - RS	Morro Emiliano	16/2/2005
Reunião de Grupo	Gilmar / Valdete	Itá - SC	Linha Juca	17/2/2005
Visita Propriedade	Volmir	Erechim - RS	Lajeado Henrique	18/2/2005
Reunião de Grupo	Gilmar	Estação - RS	Linha São Paulo	22/2/2005
Reunião de Grupo	Gilmar	Passo Uvá - SC	25 de Julho	24/2/2005
Reunião de Grupo	Vítor	Barra do Rio Azul -RS	Campo Alegre	25/2/2005
Prop. Sr. Pedro	-	Estação – RS	Linha São Paulo	28/2 a 1/3/05
Prop. Sr. Vilmar	-	Estação - RS	-	2/3 a 3/3/05
Reunião do Núcleo	-	Erechim – RS	-	4/3/2005
Reunião do Núcleo	-	Erechim – RS	-	8/3/2005
Visita Propriedade	Andréia / Ivo	Dionísio Cerqueira – SC	-	14/3/2005
Reunião de Grupo	Andréia / Ivo	Dionísio Cerqueira – SC	Jorge Lacerda	15/3/2005
Visita Propriedade	Andréia / Ivo	Saltinho – SC	-	16/3/2005
Visita Propriedade	Andréia / Ivo	Saltinho – SC	-	17/3/2005
Reunião com MMC	Andréia / Odilon	Chapecó – SC	-	28/3/2005
Prop. Sr. Orba	-	Saltinho – SC	-	29/3 a 30/3/05
Prop. Sr. Sganzela	-	Saltinho – SC	-	31/3 a 1/4/05
Visita MMC	Andréia / Ivo	Chapecó – SC	-	4/4/2005
Prop. Sr. Orba	-	Saltinho - SC	-	5/4/2005
Reunião Grupo	Andréia / Ivo	Saltinho – SC	-	6/4/2005

Quadro 1. Atividades realizadas no período de estágio.

Durante o período do estágio foram realizadas algumas visitas às propriedades, como descrito no quadro acima, portanto, a matriz que será vista a seguir foi elaborada apenas como um exemplo de matriz energética, feito a partir da observação da realidade em que fui inserido no estágio.

Os elementos da matriz foram divididos segundo suas finalidades, em grupos que abrangem itens similares.

Para que possamos compor uma matriz energética, é necessária uma observação dos itens de produção, manutenção, etc que consomem energia e compõe a matriz, neste caso, como corresponde à agricultura familiar, foram relacionados os itens intrínsecos a ela, como serão descritos a seguir.

Nas propriedades visitadas, foram observados sistemas de produção de culturas de subsistência, como milho, feijão e hortaliças, além da criação de bovinos de leite à base de pasto, produção de suínos para fabricação de embutidos e posterior venda em feira, produção de hortaliças e três agroindústrias de processamento de cana-de-açúcar com fins comerciais.

Com exceção de uma das propriedades visitadas em Saltinho da família Sganzela e em Erechim da família do senhor João, todas as demais utilizavam modelos convencionais da produção de milho.

Assim como a cultura do milho, o feijão também é cultivado principalmente de maneira convencional, a diferença é que de maneira geral a semente utilizada é obtida da produção anterior.

As hortaliças para consumo eram oriundas das mesmas hortas de produção para as feiras. As mudas eram adquiridas e posteriormente cultivadas de maneira orgânica pelas famílias.

A produção de suínos era realizada nas propriedades dos agricultores associados ao grupo de Lajeado Henrique, município de Erechim. A carne é processada em um frigorífico do grupo, construído com apoio do CAPA.

A cana processada nas agroindústrias dos grupos de Alto Bela Vista, Passo do Uvá e Barra do Rio Azul é produzida pelos agricultores, com produção dividida entre as propriedades dos agricultores e industrializadas por eles mesmos. A produção é comercializada por uma COOPERATIVA comum á todos os três grupos, a COOPERFAS. As agroindústrias possuíam, picadores de cana, tachos para fervura do caldo, mexedores e batedores para fabricação do açúcar e o empacotamento era realizado de maneira manual. Os picadores eram alimentados pela tomada de potência do trator, utilizando-se de diesel, combustível fóssil não renovável; enquanto os tachos de fervura utilizavam-se de caldeira alimentada

com lenha (biomassa) e os mexedores, batedores e a seladora de empacotamento eram alimentados com energia elétrica.

Todas as propriedades visitadas possuíam refrigerador e freezer, fogão a gás e a lenha (sendo este utilizado na maior parte das vezes apenas para aquecimento de água e da residência). Todas as famílias visitadas possuíam também um trator e um veículo automotor.

No quadro 2. abaixo se encontram os elementos que consomem energia e as suas fontes.

	Energia Elétrica			Energia Térmica			Energia Química		
	Hidro	Eólica	Solar	Biomassa	GLP	Solar	Nutricional	Bateria	Combustível
1. Iluminação	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
2. Beneficiamento e conservação de alimentos	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
3. Agroindústria	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
4. Aquecimento	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
5. Trabalho	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓
6. Lazer	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓

Quadro 2. Elementos da propriedade consumidores de energia e suas respectivas fontes. Adaptado de Machado da Rosa, 2001.

Os itens marcados com o símbolo ✓ representam aqueles que utilizam a energia correspondente às fontes dispostas na linha superior da matriz, enquanto ✗ representa aqueles que não o fazem; porém, isto não significa que sua utilização não seja viável.

A função dos itens nos grupos corresponde a:

1. Iluminação: estão relacionados aqui todos os itens que exercem função de iluminação na propriedade, como lâmpadas, lampiões, etc.
2. Beneficiamento e conservação de alimentos: aqui se encontra todo tipo de energia relacionada ao preparo, cozimento e conservação de alimentos.
3. Agroindústria: energia gasta nas agroindústrias dos grupos, no beneficiamento da cana de açúcar para preparo de açúcar, melado, etc. Podemos citar, por exemplo, o picador de cana, a caldeira, o batedor, mexedor e a seladora.

4. Aquecimento: energia utilizada para o aquecimento da família através de lenha e das aves em início de estágio de desenvolvimento através da radiação de lâmpadas.
5. Trabalho: itens relacionados à força na propriedade como tratores, animais e a própria família.
6. Lazer: energia para o funcionamento de rádios, televisores e deslocamento através de veículos automotores e animais de passeio.

Sabendo que os diversos itens relacionados na matriz utilizam os mais diferentes tipos de fontes de energia para funcionar, podemos nos orientar agora sobre o tipo de origem da energia que pode ser utilizada como havia sido mencionado anteriormente.

Conforme comentado a matriz energética pode usar tanto fontes renováveis quanto não-renováveis de energia. Entretanto, para que se atinja um modelo de desenvolvimento sustentável é necessário que a fonte utilizada seja renovável.

Na figura 2. estão relacionadas as fontes de energia com a questão da sua renovabilidade.

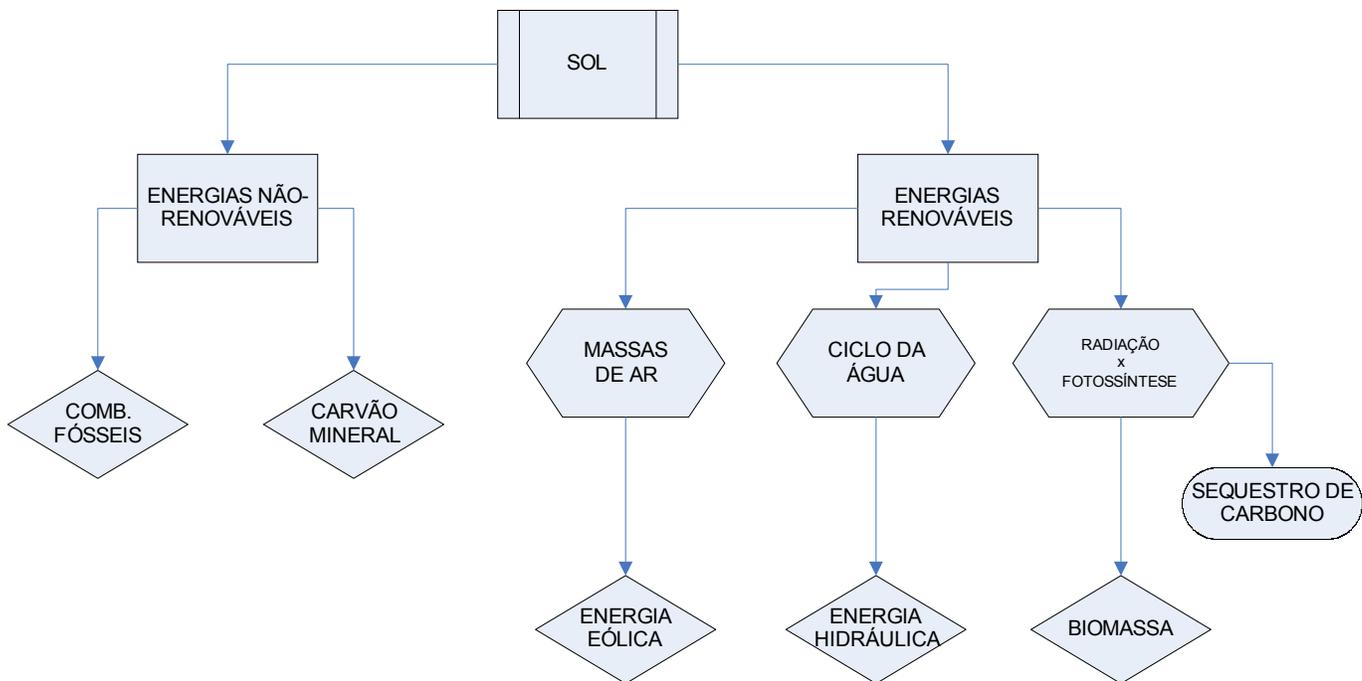


Figura 2. Diagrama da relação entre as fontes de energia e sua renovabilidade.

Dentro das fontes não-renováveis, que deveriam ser reduzidas ao máximo em favor das fontes renováveis, estão todas as fontes energéticas derivadas de petróleo, incluindo aí o gás natural que será mencionado na seqüência deste relatório além do carvão mineral que constitui outra fonte não renovável de energia.

As fontes renováveis serão discutidas a seguir e analisadas individualmente. Energia solar, energia eólica, hidráulica e por fim biomassa; esta terá um destaque especial por ser justamente a fonte que melhor pode ser aproveitada dentro das pequenas propriedades rurais.

## 5. Discussão

As propriedades rurais do Oeste de Santa Catarina e Rio Grande do Sul são em sua grande maioria caracterizadas como pequenas propriedades rurais familiares.

Dentro deste contexto o CAPA desenvolve um papel importante com programas de assistência técnica e organizacional aos grupos de agricultores interessados em contribuir para a formação de um novo contexto de produção e valorização da própria qualidade de vida.

Os programas desenvolvidos buscam atender as necessidades dos agricultores para que estabeleçam uma produção agroecológica, com a sustentabilidade sócio-ambiental, organização de sistemas agrofloretais, manutenção da biodiversidade, criação de agroindústrias e certificação da produção, criação de feiras locais para comercialização e cooperativas além do incentivo ao resgate das plantas medicinais.

O entendimento da matriz energética dentro deste contexto deve ser abordado como um marco inicial importante rumo ao desenvolvimento sustentável tão almejado, pois sem a compreensão dele, somente por acaso ou por sorte, se atingirá o mesmo.

Para tal é bom que se faça sempre uma análise sistêmica, pois a realidade agrícola é complexa, sendo seu funcionamento dependente de inúmeras relações e interações em um grande número de dimensões (DAROLT, 2002).

O enfoque reducionista, muito utilizado na academia, simplifica o sistema porque divide todos seus elementos constituintes em itens, cada um sendo considerado separadamente e não como componentes de algo maior e complexo. Apenas há pouco tempo, a academia percebeu que o agricultor e sua família ocupam lugar central na gestão da unidade de produção, diferente do enfoque reducionista que era utilizado anteriormente.

Para que seja compreendida a importância da gestão energética se faz necessária uma observação sistêmica do agroecossistema. Desta forma a energia

passa a fazer parte dele e não é mais tratada como algo que possa ser estudado ou observado isoladamente.

As diferenças do enfoques reducionistas e sistêmicos foram condensados no quadro 3. mostrado a seguir.

<b>Enfoque reducionista</b>	<b>Enfoque sistêmico</b>
Somente o resultado final é considerado. Procura-se resolver o problema.	O mais importante é o processo. Procura-se formular bem o problema.
O agroecossistema é decomposto em partes não inter-relacionadas e seu entendimento simplesmente resulta da soma de suas partes.	Todas as partes do agroecossistema são inter-relacionadas para compreender o todo.
Superioridade do cientista, que detém o conhecimento.	Humildade do cientista que procura compreender e aprender com as pessoas.
O cientista crê que existe uma solução melhor para o problema.	O cientista busca várias soluções satisfatórias.
Ensino disciplinar.	Ensino interdisciplinar.
Um único critério para decisão.	Vários critérios para a decisão.
Supressão das contradições para adaptar a realidade de forma esquemática.	Considera conflitos e contradições.
Os conhecimentos são baseados no que é preexistente.	Os conhecimentos são construções do mundo real.
Crença numa única e objetiva realidade.	Aceitação de múltiplas realidades.

Quadro 3. Diferenças entre os enfoques reducionista e sistêmico. Fonte: adaptado de DAROLT, 2002.

A dificuldade na integração dos itens que compõe um agroecossistema são evidentes durante o período de graduação na maioria das universidades. Esta dificuldade foi quase que ultrapassada em nossa escola quando observamos, por exemplo, as questões que envolvem o manejo integrado de pragas. A questão energética não é uma exceção e precisa ser encarada da mesma forma, pois é algo que atua na base do agroecossistema e não apenas nos sistemas de produção.

## 5.1 Energia

Há diversas formas de conceituar energia. Hoje a maioria de nós concebe energia unicamente como capacidade de realizar trabalho, mesmo sabendo que esta definição não é exata. Exemplificando, o calor não pode ser convertido integralmente em trabalho e mesmo assim continua sendo uma forma de energia.

O desenvolvimento das máquinas a vapor no século dezoito fez com que trabalho, calor e movimento fossem associados, dando início as pesquisas que levaram a elaboração das leis da termodinâmica, ciência que estuda as transformações de energia (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

São duas as leis da termodinâmica:

- A primeira estabelece de modo claro e simples que a energia pode ser convertida de uma forma para outra, mas não pode ser criada nem destruída; ou seja, quando registramos a entrada de energia e os dispêndios de qualquer processo físico ou reação química, o saldo deve ser sempre zero.
- A segunda lei pode ser dita como mais importante do ponto de vista biológico e estabelece que em todas as trocas e conversões de energia o potencial energético do estado final será sempre menor que o potencial de energia do estado inicial.

Se levarmos em conta a primeira lei, constatamos que a vida em nosso planeta só é possível através dos processos de transformação de energia. Os atributos básicos dos seres vivos como crescimento, movimento, reprodução e outros mais, dependem fundamentalmente deste processo de transformação de energia. Um exemplo bastante conhecido dessas transformações é a fotossíntese onde a partir da água, gás carbônico e absorção da energia radiante (luz) são formados hidratos de carbono e oxigênio no interior das células vegetais.

As implicações mais interessantes da segunda lei, no que diz respeito à biologia, estão na relação entre entropia e ordem. Os sistemas vivos despendem

muita energia para reações químicas visando manter o estado estacionário. Para que conseguissem atingir este estado, as células necessitariam interromper todas as reações químicas e nenhum trabalho poderia ser realizado, ou seja, no equilíbrio uma célula estaria morta (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

### **5.1.2 Energia na Propriedade Rural (Agroecossistema)**

A energia disponível nas pequenas propriedades rurais pode ser dividida em fontes de energia, que serão comentados posteriormente, meios de processamento da energia e por fim os sistemas de conservação.

As fontes de energia, por sua importância crucial, serão tratadas posteriormente em um item à parte.

Quanto ao processamento, que corresponde onde a energia se encontra na transição entre o início e final de produção agrícola é necessário que nos atemos com:

- a) Resíduos: reaproveitamento de água, por exemplo, que se pode realizar de diferentes formas e que contribui para a gerência mais eficiente da energia.
- b) Animais: controle de densidade, dependência de insumos externos, destinação de detritos.
- c) Combustíveis: que podem ser fósseis, não fósseis ou óleos vegetais. Priorizar aqui aqueles de ordem renovável e que possam ser obtidos na propriedade.
- d) Vapor: produção de vapor para máquinas através de transferência de energia para a água. Pode ser feita através do uso de lenha ou outro combustível produzido.

- e) Pilhas ou baterias: utilizadas para manter a energia elétrica obtida a partir de máquinas hidroelétricas instaladas em cursos ou quedas de água e painéis de energia solar.
- f) Gerador: usado para gerar energia elétrica a partir de combustíveis produzidos na propriedade como álcool e biodiesel, por exemplo.

Já com relação aos sistemas de conservação de energia, eles podem ser descritos em três diferentes:

- a) Materiais para estruturas e instalações: deve ser priorizada sua produção na propriedade aproveitando todo tipo de energia disponível. Podem ainda, ser classificados, em péssimos, médios ou ótimos condutores; desta maneira podemos classificá-los ainda quanto ao potencial de utilização dos mesmos de acordo com a finalidade que se deseja.
- b) Fotossíntese: será abordada a seguir como tema de apropriação de energia para a propriedade. Consiste na renovação da biomassa, e quanto maior a sua produção, maior será a conservação de energia na unidade de produção. Aqui se encaixa a produção de todo tipo de organismo fotossintetizante, como árvores, arbustos e até mesmo a pastagem.
- c) Radiação (Energia Radiante): aqui entra o planejamento do desenho da propriedade. De acordo com a orientação geográfica, são priorizadas áreas de sol e sombra de acordo com as necessidades.

## **5.2 As Fontes de Energia**

A principal fonte de energia da Terra é o Sol, responsável por mais de 99% do seu balanço energético. Da energia solar incidente decorrem os combustíveis fósseis e vegetais, a biomassa, as energias hidráulica e eólica entre outras. (OKUNO et al., 1986).

As fontes de energia podem ser classificadas em basicamente duas, as renováveis e as não-renováveis.

Fontes renováveis são aquelas que possuem reposição através da natureza mais rápida que sua utilização energética, como as águas dos rios, marés, sol e ventos ou que o manejo se mostre compatível com as necessidades de sua utilização energética como no caso da biomassa (lenha, cana, resíduos animais, humanos e industriais).

Já as fontes não-renováveis são constituídas pelo grupo de combustíveis fósseis e o carvão mineral, por exemplo.

Várias são as tecnologias para o processamento e transformação das energias renováveis prontas para utilização, e seu mercado está crescendo lentamente (JOHANSSON et al., 1993 in DOS REIS & SILVEIRA et al., 2001).

A elaboração de estratégias de desenvolvimento sustentáveis e uma revisão das tecnologias empregadas que vem sendo utilizadas, tanto nos países industrializados quanto naqueles em desenvolvimento é a chave para a busca de um desenvolvimento sustentável utilizando-se das matrizes energéticas disponíveis (DOS REIS & SILVEIRA et al., 2001).

Para tanto se faz necessário também mudanças nos hábitos de consumo das populações. A poluição, a utilização de combustíveis de origem não renovável e o consumismo exacerbado da parte rica do globo são exemplos de caminhos que não podem ser mais trilhados.

A maneira mais óbvia de resolver o problema é a remoção das causas, o que é uma tarefa muito difícil, pois os combustíveis fósseis correspondem a mais de 90% do consumo atual de energia mundial (GOLDEMBERG, 1998).

Ironicamente, estima-se que o cenário ecológico em 2020 apresente a utilização ainda maior de carvão mineral e um menor uso de tecnologias renováveis. Ainda assim, espera-se que um processo transitório ocorra até 2100, onde as fontes renováveis apresentarão metade da demanda, contrastando com apenas 2% registrados em 1990 (DOS REIS & SILVEIRA et al., 2001).

A Olade (Organização Latino Americana de Energia) estabeleceu dez indicadores de sustentabilidade para energia e desenvolvimento. Dentre eles

estão os fatores econômicos como auto-suficiência energética, robustez diante das mudanças externas e produtividade energética. Como indicadores de desenvolvimento de dimensão social se apresentam a cobertura de rede elétrica e a cobertura de demanda. Indicadores contendo os recursos disponíveis e o meio ambiente seriam a pureza relativa da utilização da energia, o uso de energias renováveis e o estoque de recursos fósseis e lenha.

Na maior parte dos casos a implementação de estratégias de produção de energia alternativa esbarra em um alto custo inicial do equipamento e na falha em não assumir custos sociais e ambientais oriundos das alternativas não-renováveis.

### **5.2.1 Energia Elétrica**

O homem conhece fenômenos relacionados com a eletricidade desde a Antigüidade, sendo que já havia relatos desses fenômenos por volta do século VI a.C. No entanto o homem só começou a elaborar idéias para explicar os fenômenos ligados à eletricidade e tentar controlar essa forma de energia nos séculos XVII e XVIII. Nos anos de 1747 e 1748, um físico norte-americano chamado Benjamim Franklin (1706-1790) formulou uma explicação para a eletrização dos materiais. Ele atribuía esta ao excesso (eletricidade positiva) ou falta (eletricidade negativa) de um fluído elétrico muito leve.

No final do século XVIII um fisiologista italiano chamado Luigi Galvani se interessou pelo estudo de fenômenos elétricos ligados a animais. Ele através de experimentos com rãs observou que os músculos desse animal que estavam amarrados com fio de cobre se contraíam quando em contato com superfícies de ferro. Um outro cientista italiano chamado Alessandro Volta repetiu as experiências de Galvani e observou que as manifestações de eletricidade não dependiam da presença do tecido animal podendo também ocorrer quando os metais ferro e cobre eram mergulhados em solução de água e sal. Considerando essas idéias Volta idealizou um artefato empilhando discos de zinco e cobre separados por folhas de papel embebidos com água e sal. Esta montagem

conhecida como pilha tem a capacidade de "produzir" energia elétrica. A construção da pilha e o seu entendimento foram a primeira forma do homem conseguir controlar a energia elétrica.

Atualmente a produção de energia elétrica em grande escala é baseada na conversão controlada de várias formas de energia que podem ser renováveis ou não. Assim, numa usina hidrelétrica, por exemplo, transforma-se a energia mecânica obtida da movimentação das águas em energia elétrica. Também se pode usar para a produção de energia elétrica a energia envolvida na combustão (usinas termoelétricas). Esse tipo de usina é bastante comum em países onde a construção de usinas hidrelétricas não é muito fácil por não haver rios com grandes quedas de água. O avanço do conhecimento da estrutura da matéria já no século XX permitiu que se desenvolvesse uma outra forma de se obter energia elétrica. Esta forma esta baseada na transformação de elementos radioativos e permitiu o surgimento das usinas chamadas nucleares.

### **5.2.2 Gases (Obtidos de Fontes não-renováveis de Energia)**

A primeira notícia que se tem do uso de substâncias gasosas como combustíveis foi feita pelos chineses, por volta do ano 900. Segundo os registros da época, os chineses canalizavam um gás combustível por meio de tubos de bambu e usavam-no para iluminação.

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos formada através de uma série de transformações químicas que levaram milhões de anos para se completar. A mistura dos gases propano e butano, existentes no petróleo bruto, quando é liquefeita sob pressão, constitui o que na indústria se conhece pela sigla GLP, que significa Gases Liquefeitos do Petróleo. Comercialmente, o GLP é o conhecido gás de botijão.

A mistura dos gases propano e butano, constituintes do GLP, é extraída do petróleo pelo processo de destilação fracionada. Além dos usos domésticos do GLP como gás combustível e de iluminação, usa-se industrialmente esse produto em maçaricos de solda, no tratamento do tabaco e na secagem de grãos, dentre outras aplicações.

A escassez de combustíveis líquidos oriundos de fontes não-renováveis, sobretudo nos países da Europa, foi agravada com a crise do petróleo nos fins da década de 60 e início da 70 e obrigou a sociedade, em especial governos e fabricantes de motores e veículos, a acelerar a busca de alternativas energéticas viáveis técnica e economicamente.

De acordo com previsões de consumo da Petrobrás, até o ano 2020, o gás é a matriz energética que mais crescerá, não obstante a performance do petróleo e suas variações de preços. Assim, diversos segmentos estão se mobilizando, a fim de alcançar metas.

Gás Natural é a designação genérica da mistura de hidrocarbonetos gasosos, resultante da decomposição da matéria orgânica fóssil no interior da terra. É composto principalmente por metano (de 78% a 82% em volume) podendo apresentar também outros hidrocarbonetos mais pesados, gás carbônico, nitrogênio, água e outras impurezas.

### **5.2.3 Energia Eólica**

A energia eólica é uma das fontes de energia mais utilizadas pelo homem. Restos de um barco a vela encontrados em um túmulo sumeriano, datado de 4000 a.C., são os indícios do primeiro uso histórico da energia eólica pela humanidade. Contudo, foram os fenícios, pioneiros na navegação comercial, que começaram a utilizar, por volta de 1000 a.C., barcos movidos pela força dos ventos. As

embarcações movidas à vela evoluíram até o desenvolvimento das caravelas no século XIII e dominaram os mares até o começo do século XIX, quando surgiu o navio a vapor.

Há indicações, a partir do século X, que apontam o uso de moinhos de vento para bombear água e moer grãos. Durante os dois séculos seguintes, os moinhos foram projetados de acordo com as condições geográficas para obter melhor aproveitamento do sentido predominante dos ventos, mantendo o eixo motor numa direção fixa. Na Holanda, durante o século XV, começaram a surgir moinhos com cúpula giratória, que permitia posicionar o eixo das pás na direção dos ventos. Com a Revolução Industrial, os moinhos de vento sofreram modificações para se adaptar à velocidade constante necessária para manter o ritmo de produção. Neste período são criados os primeiros sistemas de controle e de potência que permitiram aperfeiçoar e integrar os moinhos de vento a estas unidades produtivas.

A descoberta de novas tecnologias e o aperfeiçoamento desses sistemas evoluíram até chegar às atuais turbinas eólicas que vem sendo empregada em larga escala nos países desenvolvidos desde o início da década de 1990, normalmente com subsídios governamentais.

As pesquisas atuais se concentram em novos materiais que permitam desenvolver turbinas de maior porte, com potência maior que as existentes. Na costa oeste dos Estados Unidos, no norte da Alemanha e na Dinamarca, a energia eólica funciona como complemento à geração elétrica convencional. A região litorânea brasileira, em particular no Nordeste em função dos regimes de bons ventos, é considerada apta para instalação de parques eólicos. No litoral do Ceará, já está instalado um parque eólico complementar à rede.

#### **5.2.4 Energia Hidráulica**

A energia proveniente da utilização da água, ou melhor, sua energia potencial para realizar trabalho, através de energia mecânica denomina-se de energia hidráulica. Esta pode ser utilizada para bombear a água nas propriedades rurais, mover moinhos e gerar energia elétrica através da utilização de dínamos, com turbinas ou mesmo modelos mais simples como uma roda d'água.

A energia hidráulica começou a ser utilizada no século I em rodas d'água horizontais. As rodas d'água eram utilizadas principalmente para moer cereais. No século XVI a roda d'água adquiriu um papel fundamental na industrialização da Europa.

A partir da roda d'água, então essencialmente máquinas de conversão de energia hidráulica em energia mecânica, foram desenvolvidas posteriormente as usinas hidroelétricas (OKUNO et al., 1986).

#### **5.2.5 Energia Solar**

Nas últimas três décadas, o aproveitamento da energia solar para aplicações diversas tem sido bastante destacado, especialmente em países tropicais e subtropicais, como o Brasil, que dispõem de condições excelentes de radiação solar ao longo do ano. Ela é considerada a fonte primária de energia.

As experiências visando à utilização de energia solar para diversos fins datam de tempos remotos. A história registra que no século I, Herão de Alexandria já havia construído um dispositivo para bombeamento de água empregando a radiação solar como fonte térmica.

O uso direto da energia solar tem três atrativos principais: primeiro, sua capacidade de renovação, quase infinita, considerando a escala de tempo humana. Segundo, ela está relacionada com a proporção menor de impactos ambientais, quando comparada com aqueles provenientes da exploração e do uso de energias fóssil e nuclear. O terceiro é a viabilidade de aplicação junto às fontes consumidoras, o que elimina a necessidade de transporte através de grandes distâncias.

Pode ser utilizada como fonte de luz, calor, para produção de eletricidade e biomassa. Uma maneira de aproveitar mais eficientemente a energia solar incidente (deixando de lado a fotossíntese) é através do uso de coletores térmicos, dispositivos capazes de transformar a luz do sol em calor, que pode ser utilizado diretamente no aquecimento de água para consumo doméstico. Outra maneira é converter a energia solar diretamente em energia elétrica, utilizando células fotovoltaicas revestidas de semicondutores que, ao absorver luz, produzem uma pequena corrente elétrica.

Devido aos elevados custos de fabricação e manutenção, a utilização dessas células não oferece vantagem para extenso uso comercial. Atualmente, existem projetos de produção de eletricidade via satélite, captando e convertendo a energia solar, por meio de grandes painéis ao redor do planeta, em eletricidade que será transmitida para a Terra por microondas.

O Sol é extremamente quente, atingindo uma temperatura tal que não permite reações como a combustão, mas apenas reações nucleares; assim, a energia solar é proveniente de reações nucleares e não de reações de combustão.

O uso indireto da energia solar ocorre através do aproveitamento da biomassa, do vento, das marés, dos gradientes de temperatura da água oceânica, dos combustíveis vegetais e fósseis.

### 5.2.6 Biomassa

A produção de energia através da biomassa não é exclusividade das florestas energéticas. A biomassa pode render também, como exemplos que serão relatados, os resíduos orgânicos que rendem gás e outra biomassa que utiliza grande gradiente de açúcar em sua composição para a produção de álcool através de fermentação.

Desde o domínio do fogo há 750.000 anos o homem iniciou a utilização de lenha para obtenção de energia e até o advento da revolução industrial não houve grande evolução na forma do homem usar energia. Esta foi a primeira fonte utilizada pelo homem e desde então tem desempenhado importantes funções, mesmo perdendo-as continuamente desde o início da utilização de novas fontes energéticas e combustíveis.

Sem dúvida alguma é uma das energias melhor e mais facilmente disponível para a aplicação no ambiente rural. Não apenas como fonte de calor em dias frios ou para o preparo de comidas, mas também como alimentação energética de caldeiras e instrumentos movidos a vapor.

As agroflorestas podem ainda fixar nitrogênio no solo, realizar adubação verde, ajudar a conservar a água e o solo através do controle da erosão e ajudar a controlar melhor a incidência de doenças e pragas em virtude da maior diversidade animal e vegetal no mesmo ambiente (FEISTAUER & OURIQUES, 2003).

Além disto, a produção de biomassa com fins energéticos dentro da propriedade rural se traduz na fonte de energia que pode ser obtida com o menor impacto ambiental<sup>2</sup> entre as demais. Não requer fluxo externo de energia que não

---

<sup>2</sup> Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n° 001/86, impacto ambiental é "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: a) a saúde, a segurança e o bem estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) a qualidade ambiental".

seja o solar e não mantém nenhum outro tipo de dependência externa como equipamentos ou até mesmo manutenção.

A lenha combustível e outros resíduos provenientes da biomassa são as maiores fontes de energia utilizadas para aquecimento e cozimento nos países em desenvolvimento. Todavia, a lenha, desde o surgimento do carvão mineral, foi tratada como uma fonte de energia transitória, dentro de um esquema insustentável de “evolução energética” que deveria ser seguido pelas sociedades em desenvolvimento. Hoje se tem a biomassa como uma das fontes de energia com melhores perspectivas de uso futuro.

Portanto, não devemos nos confundir achando que a única fonte de biomassa para combustão é a lenha. Na verdade, o potencial produtivo de matéria seca de certas pastagens é superior as florestas energéticas, além de exigir um período de obtenção menor. De maneira geral, se levarmos em conta que uma floresta de eucalipto demora cerca de oito anos para atingir dimensão de corte, uma pastagem, dependendo da latitude e da espécie, atinge alta produção de biomassa em menos de seis meses. Além disto, não compromete a estrutura biológica e química do solo e permite associação de bovinos, como exemplo para integrar a produção, atingindo maior eficiência energética e diversificando a produção.

Restos culturais, como o colmo do milho, podem ser utilizados como fonte energética de combustão a partir de biomassa, pois é sabido que os restos culturais de milho não atuam como fonte eficaz de reposição de nutrientes do solo, sendo freqüentemente queimados, além de representar pouco para nutrição animal devido sua baixa constituição nutricional, palatabilidade e digestibilidade. O colmo de milho pode, através de técnicas de prensagens, constituir blocos de carvão para serem utilizados energeticamente através de combustão. Este mesmo sistema de produção de carvão pode ser utilizado também com a biomassa de pastagens.

No entanto, restos culturais cobrem o solo, sendo contribuintes na reposição de matéria orgânica, por isto, a utilização dos restos culturais como combustíveis deve ser realizada de maneira criteriosa.

O uso de lenha no Brasil é bastante difundido, apesar de ter perdido importância desde a década de 50. Até os anos 40 a biomassa correspondia a 80% da energia consumida, em 60 já havia caído para 45% do total. O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) subsidiado pelo governo foi que mais contribuiu para isto na utilização residencial como combustível. As indústrias metalúrgicas, por sua vez e mais recentemente, também a substituíram.

Também é reconhecida uma fonte de energia oriunda da utilização da biomassa a produção de biogás, metano ( $\text{CH}_4$ ) através da decomposição de resíduos orgânicos.

Apesar da dificuldade de aplicação dos biodigestores na prática, o biogás constitui uma fonte de energia relativamente barata, renovável e eficiente, além de não serem poluentes. O subproduto do processo constitui um eficiente fertilizante (OKUNO et al., 1986).

Constituem uma outra fonte importante de energia oriunda da produção de biomassa os álcoois. O álcool é obtido através da fermentação de açúcares presentes na composição de vegetais. A capacidade de converter energia solar em energia bioquímica, e o seu armazenamento variam bastante, sendo que vegetais como a cana-de-açúcar e o sorgo sacarino são bons exemplos de ótima conversão, pois são gramíneas C4.

De modo geral, toda biomassa pode ser utilizada para produzir tanto etanol quanto metanol, sendo que a madeira, por exemplo, é quase toda aproveitada se for utilizada para a produção de metanol, enquanto que para a produção de etanol seu aproveitamento é de cerca de 50%.

Os cálculos de balanço energético mostram o etanol como um potencial substituto à gasolina automotiva. Além das vantagens de ser menos poluente quanto aos resíduos oriundos da combustão, é renovável.

A fotossíntese e o ciclo do carbono correspondem às reações responsáveis pelo sucesso da utilização da biomassa como energia pelas propriedades rurais e serão descritas a seguir.

#### **5.2.6.1 Fotossíntese**

É evidente a importância da fotossíntese no estudo de matrizes energéticas pela sua ligação intrínseca com a produção de biomassa. Conceitos científicos da fotossíntese permitem entender melhor o processo de formação da biomassa como fonte energética.

Aristóteles imaginava que assim como os animais, as plantas eram dependentes de alimento, que no caso delas era obtido do solo, através de pequenas bocas existentes nas raízes.

Só há 350 anos atrás, um médico belga chamado Jan Baptist van Helmont ofereceu o primeiro indício que as plantas não se alimentavam do solo como haviam pensado os gregos. Helmont plantou em um vaso um salgueiro e depois de cinco anos observou que o salgueiro havia apresentado um ganho de peso de 74,4 kg, enquanto o peso que o solo perdeu foi de apenas 57 g. Helmont concluiu que a planta se alimentava da água e não do solo.

O pastor inglês Joseph Priestley por sua vez, no final do século dezoito observou que as plantas absorviam o  $\text{CO}_2$  produzido pela combustão ou liberado pelos animais, e que os animais absorviam por sua vez o  $\text{O}_2$  liberado pelas plantas.

Pouco depois, outro médico, mas agora inglês, chamado Jan Ingenhousz confirmando os trabalhos de Priestley, descobriu que o dióxido de carbono é quebrado pela fotossíntese para liberar carbono e oxigênio, sendo o oxigênio liberado na forma de gás (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

Finalmente, um pesquisador da Universidade de Stanford, Van Niel, descobriu que na verdade, a fonte de oxigênio na fotossíntese não era proveniente do dióxido de carbono, mas sim da água, depois de pesquisar bactérias sulfurosas púrpuras fotossintetizantes. Este fato, somado aos anteriores rendeu a explicação bioquímica atual da fotossíntese.

A fotossíntese teve e tem papel determinante na vida na Terra. À medida que os organismos fotossintetizantes foram se espalhando pelo globo, mais e mais oxigênio se encontrava na atmosfera. Muitas moléculas, ao chegar na camada mais externa da mesma, eram convertidas em ozônio (O<sub>3</sub>) e passaram a criar uma camada responsável pela absorção dos raios ultravioletas, altamente deletérios para os organismos vivos.

Graças a ela, a produção de biomassa na propriedade rural é a fonte energética a ser utilizada para combustão mais barata e viável do ponto de vista sustentável.

#### **5.2.6.2 Ciclo do Carbono**

Os seres vivos incorporam dióxido de carbono da atmosfera em compostos orgânicos que contêm carbono, através da fotossíntese. Na respiração os compostos orgânicos são quebrados em dióxido de carbono e água. Estes dois processos, que ocorrem em escala mundial acabam resultando no ciclo do carbono (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

Ao longo dos anos os processos naturais de fotossíntese e respiração estão essencialmente balanceados, pelo menos até a revolução industrial mantendo a concentração de dióxido de carbono na atmosfera constante. Sua presença na atmosfera é muito importante, pois juntamente com o metano, vapor d'água e outras substâncias chamadas gases do efeito estufa, acaba absorvendo a

radiação infravermelha e impede que o calor seja irradiado de volta ao espaço, aquecendo a atmosfera.

Desde 1850 a concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou de 270 partes por milhão (ppm) para algo próximo a 365 ppm atualmente, devido principalmente ao uso de combustíveis não-renováveis como carvão mineral, diesel, gasolina, gás natural, à exploração do solo e à destruição e a queima de florestas (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2001).

É notável perceber que a fotossíntese e a respiração são as duas grandes reações transformadoras de energia da vida. Cerca de 85 bilhões de toneladas métricas de carbono entram nestas reações em todo o mundo a cada ano (RICKLEFS, 2003).

O seqüestro de carbono feito pela ação das florestas mantidas pelos agricultores tende a ajudar na obtenção de certificados de redução de emissão. Através destes certificados nosso país pode se beneficiar, em forma de troca, de tecnologias ou recursos financeiros determinados pelo protocolo de Kyoto (FEISTAUER & OURIQUES, 2003).

## 6. Lenha na Pequena Propriedade Rural

A implantação de uma fonte de biomassa dentro da propriedade é um importante passo rumo a sustentabilidade no meio rural.

Na verdade, a produção de biomassa, de uma maneira geral, é a forma mais eficiente de se obter grande quantidade de energia disponível na propriedade rural.

A lenha, o carvão vegetal e as plantas constituem fontes de energia tradicionais. Até o século XIX, a madeira era a principal fonte de energia de combustão, seguida de refugos de fazenda como excrementos de animais, palhada, casca e talo de cereais etc.

De fácil obtenção, o consumo direto da lenha e do carvão vegetal é basicamente doméstico, seguido por pequenas indústrias como olarias, pequenas caldeiras e panificadoras.

Será utilizado aqui como referência, para estipular o consumo médio em pequenas propriedades familiares, os resultados de um estudo realizado numa pequena comunidade rural denominada Engenho, localizada no município de São João D'Aliança, GO, onde foi analisado o consumo residencial de lenha para a cocção de alimentos. Para tanto, foram distribuídos feixes de lenha entre os moradores com o comprometimento de informar o tempo gasto para o consumo. Paralelamente foi feito um levantamento dos dados socioeconômicos da comunidade pela aplicação de um questionário, e a biomassa foi caracterizada.

O consumo médio foi de 10,54 kg/domicílio/dia ou 3.847 kg/domicílio/ano, o que correspondeu a 2,53 kg/adulto equivalente/dia. Estimou-se um consumo volumétrico anual de 256,53 st<sup>3</sup> para toda a comunidade. O consumo energético da comunidade para cocção de alimentos, utilizando lenha, foi de 30,55 Mcal/domicílio/ano (DO VALE et al., 2000).

Especialmente nas áreas rurais, existe uma grande participação da biomassa em termos econômico, social e ambiental. Por isto se fazem necessários estudos sistemáticos sobre a evolução do consumo que resultem em

---

<sup>3</sup> O símbolo *st* é utilizado na linguagem técnica da silvicultura e consiste na abreviatura para estéreo, que é a medida usada para determinar um metro cúbico de lenha de forma empilhada.

diagnósticos adequados sobre o uso e a conservação da biomassa energética, em especial de lenha, para muitas comunidades onde, geralmente, se observa enorme esforço associado à obtenção de lenha.

Deve-se ressaltar ainda, que a produção sustentada de lenha para atendimento da comunidade deve ser focada nas espécies com madeiras de maior densidade e autóctonas, pois, desta forma, se trabalha com maiores quantidades de energia por unidade volumétrica e a floresta energética não atua como algo estranho no agroecossistema.

Levando em conta a localização geográfica dos municípios em que foi realizado o estágio, podemos sugerir a bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham), pois além de ser autóctona, possuir excelente potencial energético para combustão, características melíferas<sup>4</sup>, pode servir como forrageira e ainda permite sua utilização na construção de agroflorestas, pois admite consorciamento.

Além destas inúmeras características favoráveis, a bracatinga é pouco exigente quanto às condições físico-químicas do solo, podendo ser utilizada também para recuperação de áreas degradadas (REITZ et al., 1978).

É considerada a árvore pioneira mais importante na região da araucária, formando agrupamentos no limite entre a mata e o campo, possibilitando a recuperação florestal através de sua expansão, além de possuir sementes que podem permanecer dormentes no solo por vários anos (BACKES E IRGANG, 2002).

A única exigência da bracatinga é a intensidade de luz, por ser heliófita, necessita de grande intensidade de luz principalmente nas primeiras fases de desenvolvimento (KLEIN, 1981 in FEISTAUER & OURIQUES, 2003).

A bracatinga costuma possuir tronco reto e cilíndrico facilitando o manejo e o corte. A madeira é pesada e excelente para a utilização como lenha ou mesmo para a fabricação de carvão vegetal, pois tem cerca de 670 kg/m<sup>3</sup> (REITZ et al., 1988).

---

<sup>4</sup> A bracatinga é uma melífera de inverno, sendo que seu pólen confere um sabor acentuado ao mel produzido. Entre março e abril ela produz uma grande quantidade de falso néctar, que também é aproveitado pelas abelhas.

O prazo para o corte da bracatinga que iremos considerar é de oito anos, onde em um hectare ela atinge a produção de 135,55 toneladas por hectare de lenha (Fonte: FEISTAUER & OURIQUES, 2003).

Para que possamos atingir a demanda anual de 3.847 kg/domicílio seria necessário que cada propriedade familiar composta de quatro indivíduos implantasse uma área total aproximada de 2,25 hectares.

Para facilitar o manejo, e como a extração pode ser feita anualmente, o plantio também pode. Precisaríamos então de nove lotes de 0,25 hectare. A partir do nono ano após a implantação, teríamos sete lotes em produção, um em etapa de plantio e outro em corte, desta forma o corte não precisaria ser feito retirando toda a madeira da área para o replantio, sendo utilizada e retirada conforme a necessidade pela família, sem interromper o sistema de produção.

A densidade de plantio deve se situar entre 1.000 a 1.500 plantas por hectare, pois desta forma é otimizada a capacidade de produção de lenha. Isto quer dizer que cada árvore precisa entre 6,5 e 10 m<sup>2</sup>. Determinando um espaçamento que pode variar de 2,6 x 2,6 m a 3 x 3 m com variações possíveis afim de facilitar o manejo e a retirada das árvores do lote.

As sementes devem ser obtidas quando iniciarem a queda espontânea. A produção das mudas é fácil e também pode se realizar a semeadura direta. Deve-se escarificar as sementes ou coloca-las de molho em água durante dois dias e logo depois realizar a semeadura. A emergência ocorre entre 20 e 30 dias e a taxa de germinação geralmente é alta. Na confecção de mudas, estas devem ser transplantadas para o local definitivo quando alcançarem os três ou quatro meses. Seu desenvolvimento é rápido, atingindo uma média de 3,5 m aos 2 anos (LORENZI, 1992).

## 7. Conclusões

O estágio é uma ferramenta importante para o aluno de graduação, que pode lhe conferir uma experiência valiosa antes de ser lançado no mercado de trabalho.

Além disto, permite uma reflexão mais profunda sobre assuntos de interesse que possam ter sido pouco abordados dentro da programação teórica do curso, como é o caso deste trabalho.

Com relação a matriz energética, a partir das observações e identificações realizadas, podemos concluir que dentro das propriedades visitadas falta a interpretação da questão energética como um ponto importante dentro do planejamento visando sustentabilidade das propriedades rurais familiares. A questão da matriz energética é um marco importante dentro dos indicadores de sustentabilidade

Ficou evidenciado também que, na formulação das diretrizes de gerenciamento da propriedade, a questão energética deve ser abordada não somente como uma ferramenta importante na construção da viabilidade de todas as atividades envolvidas dentro de um agroecossistema, mas principalmente na busca de diretrizes da sustentabilidade.

A lenha, dentro da matriz se mostra como a melhor alternativa para utilização imediata, e apesar de não ser a única, deve ser o primeiro passo para o início de integração das matrizes, pois pode ser facilmente aplicado.

A academia devia se ater a questão energética como parte integrante das construções rurais; pois, como foi visto, ela constitui componente essencial de todo o sistema de produção e da vida dentro das propriedades rurais.

A preparação do acadêmico dentro destas questões permitiria atender a necessidade emergente de profissionais ligados à ecologia dentro das ciências agrárias que consigam trabalhar com a questão energética de maneira holística.

Por estas razões, se faz necessário não apenas um gerenciamento eficiente da matriz energética dentro da pequena propriedade rural, mas também um entendimento profundo das questões científicas inerentes a ela.

## 8. Considerações sobre o Estágio

Poder realizar o estágio e escrever este trabalho foi uma grande realização pessoal e devo esta realização especialmente a seis pessoas; meus pais pelo incentivo incessante e amor incondicional; meu querido amigo e mestre Antônio Carlos Machado da Rosa, que pacientemente sempre soube ajudar na caminhada e por muitas vezes deve ter se enxergado como um pai, pois por muitas vezes me senti como filho e não um orientado; minha amiga e mestre da prática, Andréia Tecchio; o irmão que a vida me brindou, Marcos Alberto Lana e o primo não oficializado; Ricardo Bittencourt, que nunca deixou de ter sua parcela de “culpa” pela realização deste.

Acho que mais estágios podem e devem ser orientados nesta área, pois constituiriam não somente uma ferramenta profissional única para quem o realiza, mas também ajuda a construir idéias que podem melhorar o entendimento de processos ligados as ciências agrárias dentro de caminhos sustentáveis.

A realização deste modesto trabalho me rendeu a construção de novos ideais; pessoais e profissionais. A sabedoria e o amor compartilhados por todos aqueles que de certa forma se envolveram e contribuíram para a realização dele serão eternamente lembrados.

“A sabedoria é o único bem que os ladrões não nos podem levar”.

Benjamin Franklin

## 9. Bibliografia

1. ALTIERI, Miguel. Agroecologia: a dinâmica produtiva sustentável. Porto Alegre, Editora Universitária da UFRS: 1998.
2. ALTIERI, Miguel. Biotecnologia Agrícola: mitos, riscos ambientais e alternativas. Petrópolis, Editora Vozes: 2004.
3. AZEVEDO, Rodrigo Aleixo Brito de. A sustentabilidade da Agricultura e os Conceitos de Sustentabilidade Estrutural e Conjuntural. Revista Agropecuária Tropical, Cuiabá, V. 6, N.1, p. 9-42: 2002.
4. BACKES, Paulo & IRGANG, Bruno. Árvores do Sul: guia de identificação e interesses ecológicos. Santa Cruz do Sul, Editora do Instituto Souza Cruz: 2002.
5. DAROLT, Moacir Roberto. Agricultura Orgânica: inventando o futuro. Londrina, Editora do IAPAR: 2002.
6. DO VALE, Ailton Teixeira et al. Estimativa do Consumo Residencial de Lenha em uma Pequena Comunidade Rural de São João D'Aliança, GO. Ciência Florestal, Santa Maria, v.13, n.2, p. 159-165, 2000.
7. DOS REIS, Lineu Bélico & SILVEIRA, Semida. Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, Editora da USP: 2004.
8. FEISTAUER, Diogo e OURIQUES, Maykol. Seqüestro de Carbono em um Sistema Agroflorestal com Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na Região Metropolitana de Curitiba – PR. Florianópolis, UFSC: 2003.
9. GOLDEMBERG, José. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. Tradução André Koch. São Paulo, Editora Unesp: 1998.
10. LA ROVERE, Emílio Lèvre. A questão energética e o desenvolvimento sustentável, in: O Ambiente Inteiro, Tânia Maciel (org.), Rio de Janeiro, Editora UFRJ: 1991.

11. LORENZI, Harri. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Editora Plantarum: 1992.
12. MARTIN, Jean-Marie. A Economia Mundial da Energia. Tradução Élcio Fernandes. São Paulo, Editora Unesp: 1992.
13. ODUM, Eugene P. Ecologia. Traduzido por Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan: 1988.
14. OKUNO, Emico, CALDAS, Iberê Luiz & CHOW, Cecil. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. São Paulo, Editora Harbra: 1986.
15. RAVEN, Peter H., Evert, Ray F. & Eichhorn, Susan E. Biologia Vegetal, Sexta Edição. Traduzido por Jane Elizabeth Krauss. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan: 2001.
16. REITZ, Raulino, KLEIN, Roberto M., REIS, Ademir. Projeto Madeira de Santa Catarina. Itajaí, Editora HBR: 1978.
17. REITZ, Raulino, KLEIN, Roberto M., REIS, Ademir. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Itajaí, Editora HBR: 1988.
18. RICKLEFS, Robert E. A Economia da Natureza, Quinta Edição. Traduzido por Cecília Bueno. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan: 2003.
19. sítio na internet da Olade (Organização Latino Americana de Energia). Consultado em 30/05/2005. Disponível em (<http://www.olade.org.ec>).
20. VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de Sustentabilidade. Rio de Janeiro, Editora FGV: 2005.