LIDIANNE SANTOS CABRAL FONSECA
YOLANDA VIEIRA DE ABREU

LIFE EDITORA

CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA DE SOLO, ENERGIA, ÁGUA, EMISSÕES E RESÍDUOS PARA PROPRIEDADES RURAIS

NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR
MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL

Digitized by Google

Conselho Editorial Life Editora

Prof. Dr. Amilcar Araujo Pereira
UFRJ/ Faculdade de Educação

Prof. Dr. Edgar César Nolasco
UFMS/ Campo Grande-MS

Prof. Dr. Gilberto José de Arruda
UEMS/ Unidade de Dourados

Prof. Dr. Matheus Wemerson G. Pereira
UFMS/Campo Grande-MS

Prof. Dr. Giovani José da Silva
UFMS/Campus de Nova Andradina

Profª. Dra. Helena H. Nagamine Brandão
Universidade de São Paulo - USP-SP

Profª. Dra. Joana Aparecida Fernandes Silva
UFG/Goiás

Prof. Dr. João Wanderley Geraldi
Universidade do Porto, Portugal/ INEDD/Universidade Siegen/Alemanha e Unicamp

Profª. Dra. Léia Teixeira Lacerda
UEMS/ Unidade de Campo Grande

Profª. Dra. Maria Cecília Christiano Cortez de Souza
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

Profª. Dra. Maria Leda Pinto
UEMS/ Unidade de Campo Grande

Prof. Dr. Marlon Leal Rodrigues
UEMS/ Unidade de Campo Grande

O papel utilizado neste livro é biodegradável e renovável. Provém de florestas plantadas que dão emprego a milhares de brasileiros e combatem o efeito estufa, pois absorvem gás carbônico durante o seu crescimento! A tinta utilizada na impressão das páginas é à base de soja, cujo componente é renovável e atóxico que não degrada o meio ambiente.

Digitized by Google

LIDIANNE SANTOS CABRAL FONSECA
YOLANDA VIEIRA DE ABREU

1ª Edição - Campo Grande - MS - Brasil - 2020

CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA DE SOLO, ENERGIA, ÁGUA, EMISSÕES E RESÍDUOS PARA PROPRIEDADES RURAIS

NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR
MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL

Digitized by Google

Copyright © by **Lidianne Santos Cabral Fonseca**
Yolanda Vieira de Abreu

Direitos Autorais reservados de acordo com a Lei 9.610/98

Coordenação Editorial
Valter Jeronymo

Revisão
Os próprios autores

Assistente de Coordenação
Raquel de Souza

Formatação
Life Digital

Projeto Gráfico
Life Editora

Associado

Life Editora
Rua Américo Vespúcio, 255 - Santo Antonio
CEP: 79.100-470 - Campo Grande - MS
Fones: (11) 3508 1941 - Cel.: (67) 99297-4890
contato@lifeeditora.com.br • **www.lifeeditora.com.br**

lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora
lifeeditora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Fonseca, Lidianne Santos Cabral
Abreu, Yolanda Vieira de

Construção de Indicadores de Ecoeficiência de Solo, Energia, Água, Emissões e Resíduos para Propriedades Rurais / Lidianne Santos Cabral Fonseca e Yolanda Vieira de Abreu– Campo Grande, MS: Life Editora, 2020.

128p. : il. : 23 cm

ISBN 978-65-5887-011-1

1. Ecoeficiência 2. Sustentabilidade 3. Propriedade Rural I. Título

CDD - 360

Proibida a reprodução total ou parcial, sejam quais forem os meios ou sistemas, sem prévia autorização das autoras.

Digitized by Google

"Inteligência é rapidez em aprender,
distintamente da habilidade, que é
a capacidade de agir sabiamente
sobre o que foi aprendido."

Alfred North Whitehead

Digitized by Google

Dedicamos ao
Elias Roberto Fonseca Cabral
e a Ana Lívia Fonseca Cabral
como representantes
das gerações futuras.

Digitized by Google

Agradecimentos

À Deus, pela dádiva da vida;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro;

A todos, que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Digitized by Google

Lista de Símbolos e Abreviações

AEE - Análise de Ecoeficiência
ATER - Assistência Técnica e Extensão Rural
BASF - Fábrica de Anilinas e Soda de Baden / *Badische Anilin und Soda-Fabrik*
CE - Comissão Europeia
CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem – Ecoeficiência
CH4 - Metano
COPESUL - Companhia Petroquímica do Sul
COPESUL - Companhia Petroquímica do Sul
CTC- Capacidade de Troca de Cátions
DPSIR - Força motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta / *Driving force – Pressure – State – Impact – Response*
EEA - Agência Europeia do Ambiente /, - *European Environment Agency*
GEE - Gases de Efeito Estufa
GRI - Iniciativa Global para Relatório / *Global Reporting Initiative*
GTZ - Agência de Cooperação Técnica da Alemanha / *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*
ICE.- Indicadores Comuns Europeus
IE - Indicadores de Ecoeficiência
IERA - Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental
ISA - Indicador de sustentabilidade quanto ao uso da Água
ISE - Indicador de sustentabilidade quanto ao uso da Energia
ISEM - Indicador de sustentabilidade quanto às emissões de GEE
ISR - Indicador de sustentabilidade quanto ao aproveitamento dos Resíduos
ISS - Indicador de sustentabilidade quanto ao uso do Solo
LCSP Centro para Produção Sustentável de Lowell / *Lowell Center for Sustainable Production*

Digitized by Google

MME - Ministério de Minas e Energia
N_2O - Óxido Nitroso
NEMS - Nestlé *Environmental Management System*
PER - Relatório Público Ambiental /*Public Environmental Reporting*
pH - Potencial Hidrogênico do Solo
PSR - Pressão-Estado-Resposta / *Pressure-State-Response*
UNCTAD - Conferência das Nações Unidas para Comércio e Desenvolvimento / *United Nations Conference on Trade and Development*
WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*

Digitized by Google

Nota das Autoras

A ecoeficiência envolve a oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida. Os indicadores de ecoeficiência, quando aplicados nas propriedades rurais, podem ser usados como instrumento de mecanismo de comando e controle de uso dos recursos naturais, tendo como meta a sustentabilidade da mesma. Neste trabalho foram construídos Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA), com base em experiências do *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Global Reporting Initiative (GRI) e da European Environment Agency* (EEA), adaptados e direcionados à propriedade rural. Para tal, foram formulados critérios relativos aos indicadores ecoeficientes que levaram em consideração o manejo e uso do solo, a utilização de recursos como água e energia, e as cargas ambientais relacionadas às emissões e resíduos. Obteve-se como resultados o IERAsolo, IERAenergia, IERAágua, IERAemissões, IERAresíduos. Tais indicadores foram construídos, exemplificados e sugerido como o produtor rural poderia utilizá-los como ferramenta de gerenciamento direcionado a alcançar a ecoeficiência em sua propriedade.

Esse estudo foi defendido como dissertação no Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins em 2012. Os autores fizeram pequenas modificações ao transformar em livro.

Digitized by Google

Sumário

1. INTRODUÇÃO..... 12
1.1 Contextualização.....12

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 15
2.1 Ecoeficiência.....15
2.2 Indicadores: Ferramenta de Medida, Avaliação e Divulgação de Informações.....23
2.2.1 Indicadores de ecoeficiência na visão do WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*).....25
2.2.2 Indicadores de ecoeficiência pela visão da GRI (*Global Reporting Initiative*).....30
2.2.3 Indicadores de ecoeficiência pela visão da EEA (*European Environment Agency*) ou AEA (Agência Europeia do Ambiente).....33
2.3 Propriedades Rurais e a Ecoeficiência: Energia da Biomassa.....38
2.3.1 Propriedades Rurais e Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).....40
2.3.2 Tecnologias de Aproveitamento da Biomassa para Produção de Energia em Propriedades Rurais.....47
2.4 O Biogás como Principal Fonte Energética dentro da Propriedade Rural.....58
2.4.1 Tecnologias Aplicadas à Produção do Biogás.....62

3. MATERIAIS E MÉTODOS.....68
3.1 Características das Propriedades Rurais.....69
3.2 Construção de Indicadores de Ecoeficiência para Propriedades Rurais.....71

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....72
4.1 Construção dos Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA).....72
4.2 Representação Matemática dos IERA'S.....75
4.2.1 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{SOLO}$....76
4.2.2 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{ENETGIA}$...77
4.2.3 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{ÀGUA}$.....79
4.2.4 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{EMISSÕES}$...81
4.2.5 IIndicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{RESÍDUOS}$..82
4.3 Intensidade da Sustentabilidade do Indicador de Ecoeficiência.....83
4.4 Importância da Utilização dos Indicadores de Ecoeficiência na Propriedade Rural...86
4.4.1Indicadores de impacto ambiental para o solo.....86
4.4.2 Indicadores de impacto ambiental para a energia.....94
4.4.3 Indicadores de impacto ambiental para a água.....98
4.4.4 Indicadores de impacto ambiental para emissões.....101
4.4.5 Indicadores de impacto ambiental para resíduos.....102
4.5 Exemplos descritivos de utilização dos IERA's para propriedades rurais.....105
4.5.1 Propriedade Rural- atividade agrícola.....105
4.5.2 Propriedade Rural- atividade pecuária.....106
4.5.3 Propriedade Rural- atividade mista (agrícola e pecuária).....107

4. CONCLUSÕES.....109

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....112

Digitized by Google

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Quando o carvão mineral substituiu a lenha como fonte de energia dominante, a partir da primeira Revolução Industrial, intensificou-se o uso das fontes de energias fósseis, que foi gradativamente substituindo o trabalho humano e dos animais. Assim, a energia é um insumo ou bem essencial para o desenvolvimento de qualquer sociedade ou comunidade moderna, sendo símbolo de melhor qualidade de vida, independência e soberania de qualquer nação.

No Brasil e em vários outros países, o setor e a indústria de energia passam por grandes transformações. Tais transformações podem ser observadas nas exigências da regulamentação do setor quanto à sua estrutura e gerenciamento. A regulação abrange a parte tecnológica, ambiental, econômica e social de toda e qualquer produção, distribuição e transporte de energia no país. Nas últimas décadas a questão ambiental vem ocupando cada vez mais espaço dentro dos cenários de geração, distribuição e transporte de energia. Novas estratégias de negócios, nesta área, incluem o quesito de desenvolvimento de novas fontes de energia renováveis como opção de substituição do sistema de energia não renovável (AGUIAR, 2004).

O setor agrícola aparece nesse cenário, com grande potencial para ampliar a produção de energias alternativas renováveis, por meio da biomassa. O desenvolvimento desse setor e da agroenergia, por meio de técnicas que possam construir o balanço energético agrícola e a aplicação e alocação eficiente dos recursos naturais,

Digitized by Google

podem contribuir para o desenvolvimento da pesquisa e o desenvolvimento por novas fontes de energias renováveis (DURÕES *et. al.*, 2008).

A modernização da agricultura, com a intensificação do uso da energia é identificada como um fator determinante e preocupante no capitalismo moderno. Para Castanho Filho & Chabaribery (1982), o conhecimento das diferentes formas de utilização de energia nos diversos sistemas agrícolas é fundamental para a definição de novas políticas de estímulos à produção ou de restrição de seu consumo. Esta deve ser realizada utilizando máquinas e equipamentos de última geração em eficiência energética.

No meio rural o crescimento da demanda de energia requer uma abordagem que considere as potencialidades regionais, articule o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade social e ambiental. Essas pré-condições podem ser encontradas dentro da ecoeficiência.

A ecoeficiência é uma ferramenta do desenvolvimento sustentável dentro do conceito de pensar globalmente atingindo localmente. Assim, *o World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) definiu a ecoeficiência como sendo,

> "alcançada mediante a oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra". (WBCSD, 2000, p.15)

A prudência ecológica e a eficiência econômica estão incorporadas a ecoeficiência como um meio para o alcance do desenvolvimento sustentável. Um dos caminhos possíveis para que as propriedades rurais alcancem a sustentabilidade está na construção e aplicação de ferramentas desenvolvidas pela ecoeficiência. Uma das

Digitized by Google

ferramentas mais utilizadas é a construção de indicadores. A importância da construção e aplicação dos indicadores de ecoeficiência na propriedade rural está na possibilidade de sua utilização como instrumento de mecanismo para comando e controle de uso dos recursos naturais, tendo como meta o desenvolvimento da mesma.

Os indicadores de ecoeficiência pode ser um instrumento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no qual estimula o desenvolvimento sustentável e a redução de emissões. Os indicadores de ecoeficiência podem ainda servir como uma bussola indicando caminhos de implantação do MDL na propriedade rural.

Neste estudo pretende-se construir indicadores de ecoeficiência para propriedades rurais levando em consideração os fatores como: energia, água, solo, resíduos e emissões.

A pergunta que pauta a elaboração desse trabalho é: Como construir indicadores de ecoeficiência rural / ambiental (IERA) relacionados à energia, água, solo, resíduos e emissões para contribuir na sustentabilidade da propriedade rural?

O objetivo principal do estudo foi o de construir indicadores de ecoeficiência para propriedades rurais (energia, água, solo, materiais, resíduos e emissões).

Os caminhos escolhidos para chegar à solução do problema e do objetivo principal foram os seguintes:

1. Descrever os indicadores de ecoeficiência utilizados a nível mundial e as teorias que serão utilizadas como base para determinação dos indicadores de ecoeficiência para propriedades rurais.
2. Construir indicadores de ecoeficiência relacionados à energia, água, solo, resíduos e emissões, destinados às propriedades rurais.
3. Indicar como se pode usar os indicadores de ecoeficiência nas propriedades rurais e qual sua importância para a sustentabilidade da mesma.

Digitized by Google

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ecoeficiência

O termo ecoeficiência é relativamente novo e foi introduzido em 1992 pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) – Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável por meio da publicação do livro *Changing Course* (Mudança de Rumo). O WBCSD afirma que a ecoeficiência é o conceito-chave que pode contribuir para as empresas, indivíduos, órgãos de soberania e outras organizações a tornarem-se mais sustentáveis. Em 1993, no primeiro *workshop*, o WBCSD declarou que a ecoeficiência pode ser atingida por meio da disponibilização de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo da vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, seja compatível com a capacidade de renovação estimada para o planeta Terra (WBCSD, 2000).

No Brasil, este conceito vem ganhando força a partir da criação do Conselho Empresarial Brasileiros para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS, cuja missão é promover o desenvolvimento sustentável no setor empresarial, por meio do conceito de ecoeficiência. Para o CEBDS, as grandes empresas instaladas no Brasil têm dado exemplos significativos dos benefícios da ecoeficiência. Esta contribui para aumentar a competitividade, melhorar a gestão ambiental, o relacionamento com grupos de interesse, mídia e agências de controle ambiental. Significam também incremento tanto na autoestima dos funcionários quanto na reputação da empresa com a sociedade.

A Fundação Espaço Eco foi o primeiro centro de ecoeficiência da América Latina, que funciona desde 2003 em São Bernardo do Campo (SP) e presta consultoria para empresas que pretendem

Digitized by Google

tornar-se ecoeficientes. A Fundação tem entre os mantenedores a indústria química BASF e a GTZ, agencia de cooperação técnica alemã. De fato algumas empresas já perceberam que existe uma oportunidade de se realizar bons negócios utilizando-se de uma gestão mais ecoeficiênte. Companhias como a Braskem, a Votorantim Papel e Celulose (VCP) e a Santista Têxtil usam software que calcula como produzir mais com menos recurso. Outras empresas já percebem a viabilidade da ecoeficiência como fonte de inovação e ganho competitivo, como é o caso da Ford, Toyota, Santander, Tetra Pak, Philips, Natura dentre outras.

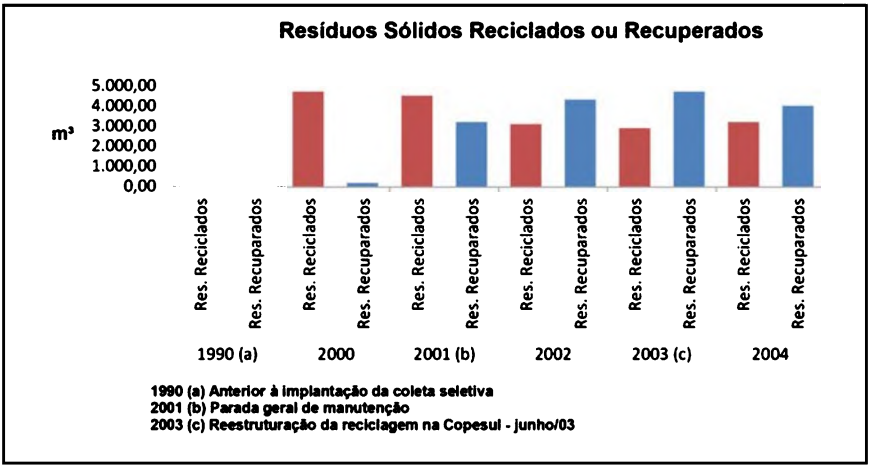
Segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem – ECOEFICIÊNCIA (CEMPRE) a Nestlé pratica ecoeficiência através do NEMS (*Nestlé Environmental Management System*) com o monitoramento anual de indicadores de desempenhos ambiental por tonelada de produto produzido; quantidade de embalagem utilizada; consumo de energia; emissões atmosféricas (CO_2, SO_X, CFC); consumo de água e geração de resíduos sólidos (CEMPRE, 2007).

A Companhia Petroquímica do Sul (Copesul, 2003) através de indicadores de consumo de energia e consumo de matéria-prima por tonelada de petroquímico produzido, acompanha a evolução da ecoeficiência de sua unidade produtiva. Além destas, desde 1989 a Copesul implantou em sua prática de produção a coleta seletiva, e a partir de 2002 a empresa destina seus resíduos mais para suas operações internas do que a processos produtivos externos (Figura 2.1 e Figura 2.2). Isso aufere à empresa ganhos econômico-financeiros com a manutenção de ações ecológicas que visam à transformação do resíduo em insumos (VELLANI e RIBEIRO 2008).

Outro exemplo de desenvolvimento de instrumentos de ecoeficiência com sucesso é o da empresa BASF. Esta, juntamente com um parceiro externo (Roland Berger e Parceiros) iniciou em 1996 um processo de tomada de decisão denominada "Análise de Ecoeficiência" (AEE), definido como instrumento estratégico que auxilia na tomada de decisões e torna possível a otimização de produtos e processos.

Digitized by Google

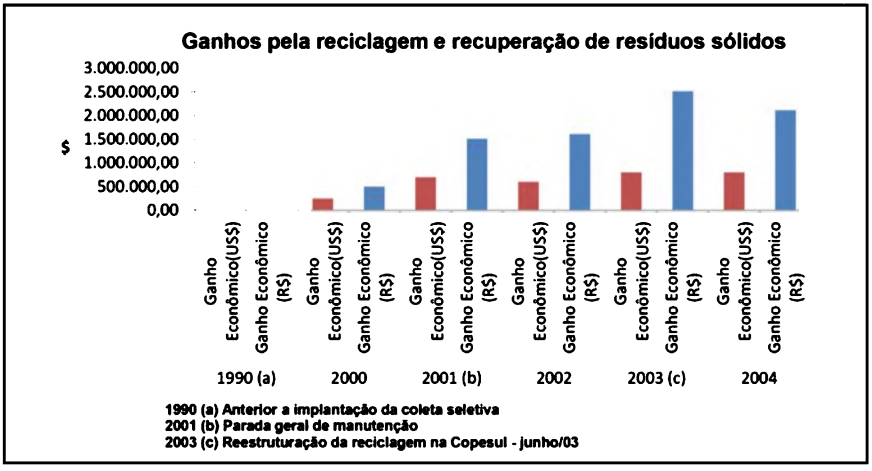
Figura 2.1 - Indicador de ecoeficiência utilizados pela Copesul (Resíduos sólidos reciclados ou recuperados).



Fonte: Copesul (2004) *apud* VELLANI e RIBEIRO (2008) adaptado.

A reciclagem ou recuperação dos resíduos feita pela Copesul tornou ao longo dos anos a empresa mais ecoeficiênte, o que pode ser observado na figura 2.2.

Figura 2.2 - Indicador de ecoeficiência utilizados pela Copesul (Ganhos pela reciclagem e recuperação de resíduos sólidos).



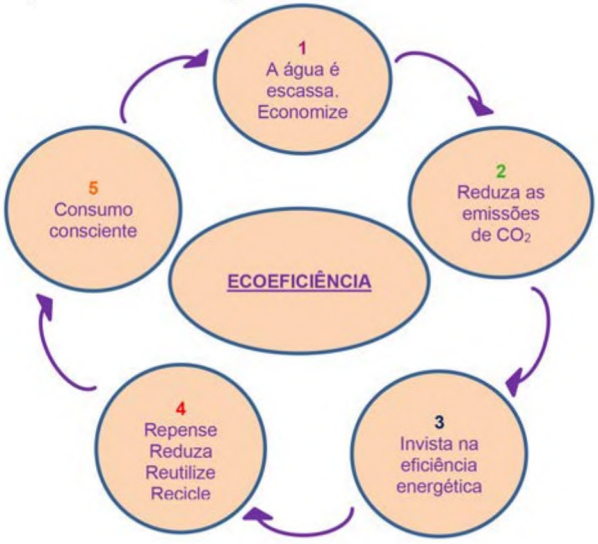
Fonte: Copesul (2004) *apud* VELLANI e RIBEIRO (2008) adaptado.

Digitized by Google

De modo geral, a ecoeficiência não se restringe a áreas intrínsecas às empresas; segundo o WBCSD (2000), as oportunidades para a ecoeficiência podem ocorrer em qualquer estágio do ciclo de vida de um produto. Nesse sentido, o setor agrícola e agropecuário pode ser capaz de agrupar em suas atividades ações ecoeficientes.

A ecoeficiência reúne cinco ingredientes essenciais (Figura 2.3) para uma utilização mais eficiente dos recursos e controle sobre emissões nocivas para o meio ambiente. Portanto, sua forma de gerenciamento busca alcançar a sustentabilidade, por entender que qualquer organização causadora de problemas ambientais, deve se preocupar com o desenvolvimento sustentável e programar em seu sistema, atos que minimizem os impactos no meio ambiente.

Figura 2.3 - Ingredientes essenciais para a Ecoeficiência.



Fonte: Empresa Fibria (2008) adaptado.

A aplicação dos indicadores de eficiência em uma empresa ou setor pode ter como resultado um mapa de possibilidade e definição de ações corretivas para os pontos verificados, possibilitando a melhora do desempenho ambiental, operacional e econômico. Outro fator, como o citado por May *et. al.* (2003), é que

Digitized by Google

estes podem mostrar ou antecipar informações sobre uma possível crise ambiental de grandes proporções capaz de gerar escassez de matérias-primas e diminuição de fontes energéticas que suportem o atual padrão de produção industrial.

De acordo com WBCSD (2000), em seu segundo *Workshop* de Ecoeficiência, em *Antwerp*, são sete os objetivos para atingir a ecoeficiência:

A. Redução da intensidade material;
B. Redução da intensidade energética;
C. Redução da dispersão de substâncias tóxicas;
D. Intensificar a reciclagem de materiais;
E. Otimização do uso de materiais renováveis;
F. Prolongar o ciclo de vida do produto;
G. Agregar valor aos bens e serviços.

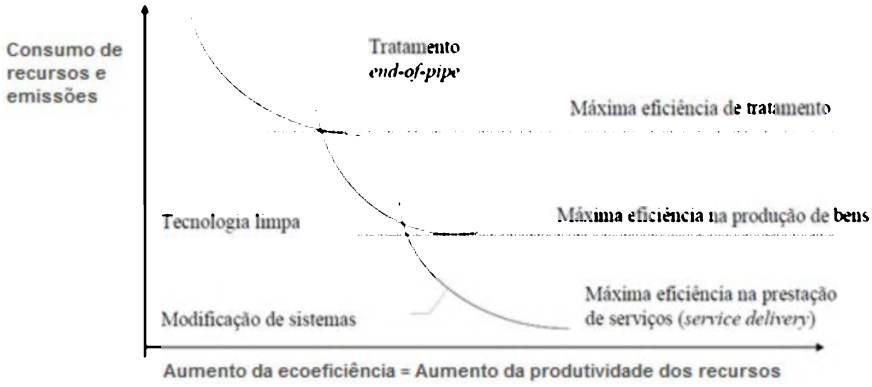
Ainda seguindo o WBCSD (2000, p. 15) estes elementos podem ser correlacionados a três objetivos:

1. Redução do consumo de recursos: inclui a minimização da utilização de energia, materiais, água e solo, englobando a reciclabilidade e a durabilidade do produto e fechando o ciclo dos materiais.
2. Redução do impacto na natureza: inclui a minimização de emissões gasosas, descargas líquidas, eliminação de desperdícios e dispersão de substâncias tóxicas, assim como o fomento da utilização sustentável dos recursos renováveis.
3. Melhoria do valor do produto ou serviço: o que significa fornecer mais benefícios aos clientes, através da funcionalidade, flexibilidade e modularidade do produto, fornecendo serviços adicionais e concentrando-se em vender as necessidades funcionais de que, de fato, os clientes necessitam, o que levanta a possibilidade de o cliente receber a mesma necessidade funcional, com menos materiais e menor utilização de recursos.

Digitized by Google

Para reduzir os desperdícios e diminuir as emissões de gases causadores do efeito estufa, Ayres (1997) afirma que existem três tipos de tecnologias usualmente aplicadas sob a ótica sustentável: conservação de energia e materiais, extensão da vida do produto (*re-use*, *repair*, *renovation*, *re-manufacturing*, *recyclin*) e minimização de resíduos, como mostra a figura 2.4.

Figura 2.4 - Estágios da Ecoeficiência



Fonte: Ayres (1997)

Ao observar a figura 2.4 percebe-se que existem pontos onde pode ser determinada a máxima eficiência das curvas. Um ponto está relacionado ao tratamento dado aos resíduos ou poluição gerada no processo de produção; o segundo baseia-se no uso de tecnologias limpas para produção de bens e; o no último ponto tem-se a modificação no sistema de prestação de serviços. Tais pontos são alcançados quando se obtêm um equilíbrio entre os fatores tratamento, tecnologia limpa e modificação do sistema. Assim, quando se diminui o consumo de recursos, aumenta o uso de tecnologia e produtividade e se diminuir a quantidade de emissões na produção de um dado bem ou serviço então pode-se dizer que alcançou a ecoeficiência do processo.

Para se calcular a ecoeficiência o WBSCD (2000) determi-

Digitized by Google

nou uma fórmula no qual relaciona o valor do produto ou serviço com a influência ambiental (Equação 2.1) reunindo duas dimensões, a econômica e a ecológica. Esta medição dependerá das necessidades particulares de cada setor, bem como, da escolha de fatores que melhor definam o processo na tomada de decisão.

$$Ecoeficiência = \frac{Valor\ do\ Produto\ ou\ serviço}{Influencia\ Ambiental} \qquad \textbf{Equação 2.1}$$

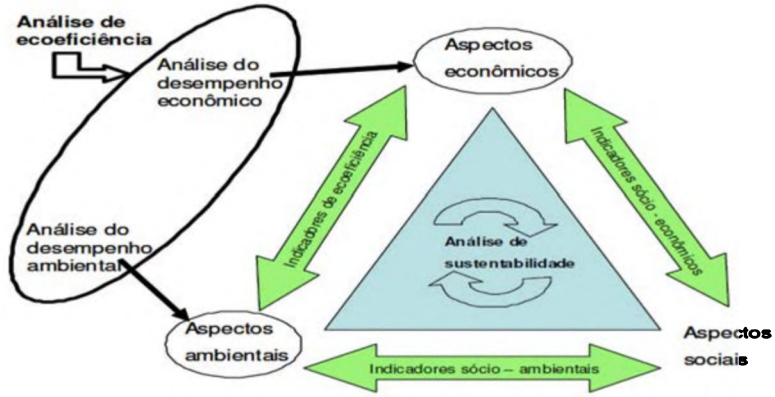
O valor do produto ou serviço pode ser expresso pela quantidade do produto vendido ou vendas líquidas, já a influência ambiental, inclui aspectos relacionados à criação de bens e serviços e ao seu consumo ou utilização, como, por exemplo, o uso de matérias-primas e insumos, assim como, resíduos (líquido, sólidos ou gasosos) causados pela produção e consumo de um bem ou serviço (Carvalho e Gomes, 2008).

As empresas são responsáveis na determinação de indicadores da ecoeficiência que melhor se adaptam ao processo de comunicação e de tomada de decisões rumo à sustentabilidade. Assim como a sustentabilidade, a ecoeficiência abrange os aspectos econômicos em conjunto com os aspectos ambientais, e fechando o vértice deste triângulo, o aspecto social como mostra a figura 2.5. A análise de sustentabilidade, segundo FET (2002) engloba a análise individual do desempenho ambiental, de desempenho econômico e da ecoeficiência.

Além das vantagens para o setor privado, a ecoeficiência pode apoiar os governos a conceber uma estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável (SALGADO, 2004). E, para o setor rural, a ecoeficiência auxilia no processo de tomada de decisão frente aos desafios sustentáveis.

Digitized by Google

Figura 2.5 - Diagrama de análise de ecoeficiência e sustentabilidade



Fonte: Fet (2002) *apud* Marzullo (2007)

Segundo Carvalho (2005), as principais críticas à ecoeficiência são:

- O aumento relativo da ecoeficiência não é o suficiente, exige-se corte radical de recursos;
- Alguns preferem chamar de eco-eficácia em vez de ecoeficiência, destacando a importância da inovação;
- Usar menos recurso por produto não quer dizer que é sustentável, devido a um possível aumento no consumo de unidade de produto superando o ganho de produtividade de recursos;
- O incremento de melhorias na eficiência distrai a atenção da necessidade de inovação para atingir melhorias verdadeiras e mudanças de comportamento;
- A ecoeficiência não funciona em economias pobres, porque prevenir poluição é demasiadamente caro e requer obrigação legal e ajuda financeira substancial.

Essas críticas centram-se no fato que a ecoeficiência enfatiza o equilíbrio entre o econômico e o ambiental; sendo que a parte social torna-se uma consequência e não exatamente um dos focos desse modelo. Apesar das críticas, muitos setores têm alcançado sucesso com ações ecoeficientes em seus planos de desenvolvimento

Digitized by Google

e produção, uma vez que sejam realizados estudos detalhados e imposição de índice de sucesso no projeto.

2.2 Indicadores: Ferramenta de Medida, Avaliação e Divulgação de Informações

O termo indicador origina-se do latim *indicare*, o que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Estes segundo Abbot e Guijt (1999) podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como por exemplo, o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (HAMMOND *et. al.*, 1995). Ainda, conforme Cantarino (2003) e Mitchell (2004) *apud* Campos e Melo (2008), os indicadores podem servir como ferramentas de controle e gestão que proporcionam subsídios à tomada de decisão, com base em informações importantes e resumidas em declarações concisas e ilustrativas. Já para Cardoso (2004), além dos benefícios já citados, pode-se acrescentar que este pode contribuir para compreender melhor uma situação atual (onde se está), qual o caminho a ser seguido (como chegar) e qual a distância a ser percorrida para atingir a meta estabelecida (onde se deseja chegar). Porém, para que este seja efetivo é necessário que seja relevante, reflita o sistema que precisa ser conhecido, fácil de ser entendido e baseado em dados acessíveis ou possíveis de serem construídos (SUSTAINABLE MEASURE, 2004). Para a construção dos indicadores, deve seguir orientações sequenciais conforme representado na figura 2.6. Esses devem ser formulados de forma que possa corresponder aos objetivos e metas específicos do que se deseja alcançar, demonstrar ou conhecer.

De acordo com Veleva e Ellenbecker (2001), esses fornecem

Digitized by Google

informações sobre sistemas físicos, sociais e econômicos, permitindo analisar tendências e relações causa-efeito. Estas informações por sua vez, podem ser obtidas a partir de dados qualitativos, por exemplo, quando relacionar-se a medição de desempenho no campo social, ou mesmo quantitativo, quando há possibilidade de medição para determinados parâmetros. Ambas são indispensáveis e complementares para apresentar o desempenho ambiental, econômico e social das organizações.

Figura 2.6 - Pirâmide para Construção de Indicador

Fonte: Cardoso (2004)

O indicador pode ainda ser considerado como uma variável que é:

> [...] uma representação operacional de um atributo (qualidade, característica, propriedade) do sistema. Cada variável assume diferentes valores, dependendo da medida ou observação específica. Assim indicadores são variáveis e dadas são a real medição ou observação (GALLOPIN, *apud* VELEVA, ELLENBECKER, 2001, p. 521).

Algumas organizações de abrangência internacional propõem indicadores para avaliação de desempenho ambiental como, por exemplo:

1. **ISO 14031** - Gestão Ambiental - Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes (*Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines)*

Digitized by Google

2. Centro para Produção Sustentável *de Lowell / Lowell Center for Sustainable Production* (**LCSP**)
3. Iniciativa Global para Relatório / *Global Reporting Initiative* (**GRI**)
4. Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável / *World Business Council for Sustainable Development* (**WBCSD**)
5. Conferência das Nações Unidas para Comércio e Desenvolvimento / *United Nations Conference on Trade and Development* (**UNCTAD**)
6. Relatório Público Ambiental /*Public Environmental Reporting* (**PER**) do Governo da Austrália
7. Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (**OCDE**)
8. Agência Europeia do Ambiente (AEA) /, *European Environment Agency* (**EEA**); órgão sob a administração da União Europeia

Dos organismos que desenvolveram indicadores de ecoeficiência descritas acima, foi escolhido para maior detalhamento os seguintes: WBCSD, GRI, EEA. Tal ação é desenvolvida nos subcapítulos seguintes.

2.2.1 Indicadores de ecoeficiência na visão do WBCSD *(World Business Council for Sustainable Development)*

O WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*- Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável) é formado por uma coligação de empresas internacionais para compartilhar e defender o desenvolvimento sustentável por meio de três pilares: crescimento econômico, equilíbrio ecológico e progresso social. Esta coligação propôs indicadores ambientais como um guia para medir a ecoeficiência devido à ne-

Digitized by Google

cessidade de se mensurar e quantificar. Assim, resultou a inserção do termo "Indicadores de Ecoeficiência", e a partir de orientações práticas e específicas, apresentou-se os IE (Indicadores de ecoeficiência) como um instrumento de medição e comunicação do desempenho ambiental do produto ou do processo.

Segundo o WBSCD (2000a), os princípios para definição e utilização dos indicadores de ecoeficiência devem seguir o modelo a seguir:

a. Ser relevantes e significativos na proteção do meio ambiente e da saúde humana e/ou na melhoria da qualidade de vida;
b. Fornecer informação aos tomadores de decisão, com o objetivo de melhorar o desempenho da organização;
c. Reconhecer a diversidade inerente a cada negócio;
d. Apoiar o *benchmarking* e monitorar a evolução do desempenho;
e. Ser claramente definidos, mensuráveis, transparentes e verificáveis;
f. Ser compreensíveis e significativos para as várias "partes interessadas";
g. Basear-se numa avaliação geral da atividade da empresa, produtos e serviços, concentrando-se principalmente nas áreas controladas diretamente pela gestão;
h. Levar em consideração questões relevantes e significativas, relacionadas com as atividades da empresa, a montante (Exemplo: fornecedores) e a jusante (Exemplo: a utilização do produto).

Com a utilização dos indicadores de ecoeficiência foi possível à demonstração do grau de desempenho ambiental obtido *in loco*, isto é, com dados reais, demonstrando sua confiabilidade. Quando comparados com indicadores de outras empresas, os resultados se tornam mais valiosos e de maior aceitação pelos usuários.

Como mencionado na equação 2.2, a ecoeficiência ainda

Digitized by Google

pode ser calculada por meio da relação influência ambiental sobre o valor do produto ou serviço (UNCTAD/ISAR, 2004). Nesta proposta, os indicadores representam a intensidade ambiental do impacto.

$$Ecoeficiência = \frac{Influencia\ Ambiental}{Valor\ do\ Produto\ ou\ serviço} \quad \textbf{Equação 2.2}$$

Salgado (2004) afirmou que os indicadores de ecoeficiência podem ser nomeados como indicadores de eficiência ou de intensidade. Esse mesmo autor defende que as formulas dos indicadores, desenvolvidas pela WBCSD ou por outras instituições, devem ser utilizadas levando em consideração as características e peculiaridades do objeto ou do processo que esta sendo analisado.

O WBSCD (2000) definiu dois tipos de indicadores de ecoeficiência numa abordagem que conjuga a utilização de indicadores de aplicação genérica (geral) e outra que conjuga indicadores específicos (essenciais) do negócio avaliado.

Os indicadores de aplicação genérica podem ser utilizados em empresas e em vários setores, inclusive no rural. De acordo com Salgado (2004), estes indicadores devem atender a critérios gerais de aplicabilidade, como, por exemplo:

- Serem relacionados a uma preocupação ambiental global;
- Serem relacionados com o valor de negócios;
- Serem relevantes e representativos para a maioria dos empreendimentos;
- Apresentarem métodos de medição estabelecidos e definições aceitas no mundo todo.

No segundo grupo encontram-se os indicadores específicos de negócios ou complementares. Neste, cada setor ou empresa pode avaliar seu próprio negócio e determinar seus indicadores específicos com base em suas necessidades. Estes dois grupos de indicadores dividem-se em dois subgrupos, que reúnem a econo-

Digitized by Google

mia e o meio ambiente, podendo, a partir destes, estimar o valor da ecoeficiência do empreendimento com: a determinação do valor do produto ou serviço e; a influência ambiental.

A partir daí, para os indicadores de aplicação genérica, tem-se os seguintes exemplos (WBSCD, 2000):

- Valor do Produto ou Serviço
  - √ Quantidade de mercadoria produzida ou serviços prestados aos clientes;
  - √ Vendas Líquidas;
  - √ Outros.
- Influência Ambiental na Criação do Produto / Serviço
  - √ Consumo de energia;
  - √ Consumo de materiais;
  - √ Consumo de água;
  - √ Emissões de gases de efeito estufa (GEE);
  - √ Emissões de substâncias deterioradoras da camada de ozônio;
  - √ Resíduos totais;
  - √ Outros.

As substâncias químicas que contêm Cloro (Cl) e Bromo (Br) são produzidas pelo homem e liberadas para a atmosfera que ao reagirem com o ozônio (O_3) estratosférico contribui para o seu esgotamento. Estas podem ser:

- √ Clorofluorcarbonos (CFCs);
- √ Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), halons, tetracloreto de carbono, metil clorofórmio, e;
- √ Brometo de metila.

Para selecionar o indicador de valor adequado é importante saber a forma como os indicadores de ecoeficiência serão utilizados para a tomada de decisões. Para tal é necessário estabelecer parâmetros e definir objetivos, contextos e metas da ecoeficiência. Na tabela 2.1 são apresentados exemplos de indicadores ambientais

Digitized by Google

segundo as especificações do WBCSD: de aplicação genérica de influência ambiental (consumo de energia, materiais e água), e de impacto ambiental (emissões gasosas acidificantes e resíduos totais).

A identificação destes indicadores é uma etapa de valor significativo no processo, uma vez que o objetivo da ecoeficiência é aprimorar o desempenho de um empreendimento e monitorar sua evolução.

Tabela 2.1 - Exemplos de indicadores ambientais propostos pelo WBCSD.

INDICADOR	UNIDADE	POTENCIAL FONTE DE DADOS
Energia Consumida Soma total da energia consumida (igual à compra de energia menos a energia vendida para utilização de outrem), incluindo: eletricidade e aquecimento, combustíveis fósseis (ex. gás natural, petróleo e carvão), outras energias derivadas de combustíveis para combustão (ex. biomassa, madeira e resíduos), energias derivadas de não-combustíveis (ex. solar e eólica).	Multiplicador de joule mais apropriado (ou de watt/hora)	Registros de compra, inventários da utilização de combustíveis, Relatórios de gestão.
Consumo de Materiais Soma do peso de todos os materiais comprados ou obtidos de outras proveniências.	Metros cúbicos (geralmente toneladas métricas)	Registros de compra, relatórios de produção, relatórios de custos.
Consumo de Água Soma da quantidade de água de abastecimento, comprada às entidades públicas ou provenientes de águas superficiais ou do solo (incluindo água de arrefecimento).	Metros cúbicos	Registros de compra, relatórios de produção, relatórios de custos.
Emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) Quantidade de emissões gasosas destes gases, a partir da combustão de combustíveis, reações dos processos e processos de tratamento, incluindo CO_2, CH_4, N_2O, HFC's, PFC's e SF_6, excluindo as emissões libertadas na produção de eletricidade comprada.	Toneladas métricas de CO_2 equivalente	Relatórios de custos, faturas de combustíveis, inspeções às fábricas, relatórios ambientais, saúde e segurança, estimativa ou càlculo.
Emissões gasosas acidificantes Quantidade de gases ácidos emitidos para o ar (incluindo NH_3, HCl, HF, NO_2, SO_2 e nuvens ácidas sulfúricas), provenientes de sistemas de combustão, reações do processo e processos de tratamento.	Toneladas métricas de SO_2 equivalente	Relatórios ambientais, saúde e segurança, estimativa ou cálculo.
Resíduos Totais Quantidade total de substâncias ou objetos para eliminação.	Toneladas métricas	Relatórios ambientais, saúde e segurança, estimativa ou cálculo.

Fonte: Verfaillie & Bidwell (2000) adaptado.

Digitized by Google

A tabela 2.2, mostra as unidades em que os indicadores podem ser expressos e o aspecto que cada um deles pode assumir. O aspecto que cada indicador assume determinará a unidade em que cada um deles será expresso. .

Tabela 2.2 - Representação dos Indicadores de Ecoeficiência seguindo a fórmula de cálculo apresentada pelo WBCSD.

INDICADOR DE ECOEFICIÊNCIA	ASPECTO	UNIDADE
Valor	*Volume*	*Unidades vendidas, volume transportado entre outras.*
	Monetário	*Vendas líquidas (Real, Dólar, entre outras.)*
Influência Ambiental (Impacto Ambiental na Produção)	*Saídas de efluentes e resíduos*	*Ex: Emissão de CO_2*
Influência Ambiental (Impacto Ambiental no Uso)	*Consumo de Água*	*Volume de Água consumido*
	Consumo de Energia	*Energia Consumida*

Fonte: CEBDS (2004) adaptado.

Segundo o WBCSD, um conjunto limitado de indicadores é útil na avaliação da ecoeficiência da empresa ou setor no qual este será inserido. Isso revela que existe uma variedade de indicadores aplicáveis em diferentes dimensões que auxiliam a ecoeficiência e, consequentemente, na sustentabilidade.

2.2.2 Indicadores de ecoeficiência pela visão da GRI *(Global Reporting Initiative)*

Global Reporting Initiative- Iniciativa Global para Relatório (GRI) é uma organização não-governamental internacional, que difunde as diretrizes para a construção de relatórios de sustentabilidade em vários países.

A primeira proposta da GRI para relatório de sustentabilidade foi apresentada em 1999. Após um processo de revisão contínua

Digitized by Google

e comentários de diversas partes interessadas, foi lançado o Guia para Relatório de Sustentabilidade em junho de 2000.

O relatório, conforme os parâmetros GRI, é considerado um significativo padrão internacional para divulgação das informações econômicas, sociais e ambientais de uma empresa ou setor. Para elaboração de seus relatórios utilizou indicadores de desempenho tanto qualitativos quanto quantitativos, focados nas questões econômicas, ambientais e sociais (GRI, 2002). Para tal o GRI busca, em seu desenvolvimento, contemplar aspectos sociais e ambientais dos produtos e serviços.

A proposta da terceira geração de diretrizes GRI admite ao todo trinta indicadores, que abrangem os seguintes aspectos (GRI, 2006):

1. Materiais;
2. Energia;
3. Água;
4. Biodiversidade;
5. Emissões, efluentes e resíduos;
6. Produtos e serviços;
7. Cumprimento legal/ambiental (conformidade);
8. Transporte;
9. Geral.

Para os indicadores de desempenho, a GRI segue uma sequencia de categoria, aspecto e indicador; associa diversos aspectos e propõe alguns indicadores que podem ser classificados como indicadores centrais ou adicionais, de acordo com a relevância dos mesmos (Tabela 2.3). Nesta classificação, os indicadores ambientais medem importantes aspectos da sustentabilidade e fornecem informações em relação ao desempenho em termos absolutos, quando demonstram informações desde escalas ou magnitude do uso dos recursos e do impacto sobre o meio em grande escala, ou em termos relativos quando demonstram a eficiência da organiza-

Digitized by Google

ção e permite comparação entre diferentes empresas (GRI, 2002).

Tabela 2.3 - Indicadores de desempenho.

DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE	CATEGORIA	ASPECTO
ECONÔMICA	Impacto econômico direto	Cliente, fornecedor, empregados, acionistas, setor público.
AMBIENTAL	Ambiental	Material, energia, água, biodiversidade, emissões, efluentes e resíduos sólidos, fornecedor, produtos e serviços, atendimento a requisitos legais, transporte, global.
SOCIAL	Práticas trabalhistas e trabalho digno	Emprego, relações trabalhistas, saúde e segurança, treinamento e educação, diversidade e oportunidade.
	Direitos humanos	Estratégia e gestão, práticas de segurança, dentre outras.
	Sociedade Responsabilidade sobre o produto	Comunidade, contribuição política, concorrência e preço. Saúde e segurança para o consumidor, produtos e serviços, propaganda, respeito à privacidade.

Fonte: GRI (2002) adaptado.

Os indicadores de desempenho ambiental (tabela 2.4) referem-se ao uso de recursos naturais demonstrados em valores monetários e em valores absolutos de quantidade ou consumo, considerando também as iniciativas de gerenciamento ambiental, os impactos significativos relacionados ao setor da atividade e as respectivas ações de minimização (GASPARINI, 2003). Estes visam minimizar os impactos ao meio ambiente decorrente das práticas organizacionais das empresas ou setores.

Digitized by Google

Tabela 2.4 - Indicadores de desempenho ambiental.

ÁREAS	INDICADORES
MATERIAIS	Materiais utilizados por peso e volume; Percentagem de materiais utilizados que são reciclados.
ENERGIA	Consumo direto de energia por fonte primária; Consumo indireto de energia por fonte primária; Energia poupada devido a melhorias de eficiência e conservação; Iniciativas para a promoção de produtos e serviços com a utilização de energias renováveis; Iniciativas para reduzir o consumo indireto de energia e reduções registradas.
ÁGUA	Total de captações de água segmentadas por fonte; Fontes hídricas significativamente afetadas por retirada de água; Percentagem e volume total de água reciclada ou reutilizada.
BIODIVERSIDADE	Áreas de terrenos em áreas protegidas; Impactos significativos na biodiversidade; Proteção e recuperação da biodiversidade; Estratégias, ações presentes e planos futuros para a gestão dos impactos na biodiversidade.
EMISSÕES, EFLUENTES E RESÍDUOS.	Emissões de GEE; Outras emissões indiretas relevantes de GEE; Iniciativas para a redução das emissões de GEE e reduções registradas - Iniciativas para redução de emissões de gases com efeito de estufa; Emissões de substâncias destruidoras da camada de ozônio; NOx, SOx, e outras emissões significativas por tipo e peso; Descargas de água por qualidade e destino, Total de resíduos por tipo e destino; Número total e volume dos derrames significativos; Peso de resíduos transportados, importados, exportados ou tratados considerados perigosos, e percentagem de resíduos transportados internacionalmente; Identidade, tamanho, status e valor da biodiversidade dos corpos de água e habitat relacionados significativamente afetados pelas descargas da organização.
PRODUTOS E SERVIÇOS	Iniciativas de mitigação dos impactos ambientais dos produtos e serviços; Percentagem de produtos e embalagens que podem ser aproveitadas.
TRANSPORTES	Impactos ambientais significativos do transporte de produtos e outros bens e materiais utilizados nas operações da organização, bem como o transporte dos trabalhadores.
CONFORMIDADE	Valor monetário de multas ambientais significativas

Fonte: GRI (2002) adaptado

Estes indicadores são utilizados por diversas empresas ou setores para avaliar o grau de ecoeficiência.

Digitized by Google

2.2.3 Indicadores de ecoeficiência pela visão da EEA (*European Environment Agency*) ou AEA (Agência Europeia do Ambiente)

A EEA (*European Environment Agency*) ou AEA (Agência Europeia do Ambiente) é um órgão sob a administração da União Europeia, cuja principal função é fornecer informação atualizada e fidedigna em matéria ambiental. O seu conhecimento é baseado em informações fornecidas por outras organizações. Os dados de qualidade provenientes de cada país da UE e de suas redes institucionais são depois compilados e colocados à disposição dos utilizadores em diferentes formatos. Desta forma, auxilia a União Europeia e os seus países membros no momento de tomada de decisões diretamente relacionada com o ambiente.

A EEA adotou indicadores da ecoeficiência para países, buscando uma independência dos movimentos da natureza. Pretende, portanto não só medir, mas comparar os setores econômicos e países entre si, de acordo com o nível da ecoeficiência e os progressos. Tal instituição adotou os ICE (Indicadores Comuns Europeus) os quais foram lançados em Dezembro de 2000, decorrendo da iniciativa conjunta da Comissão Europeia (CE), da Agência Europeia do Ambiente (AEA) e do Grupo de Peritos sobre o Ambiente Urbano. A primeira geração de ICE proposta foi:

1. Satisfação do cidadão com a comunidade local (com as características da zona urbana);
2. Contribuição local para as alterações climáticas globais (emissões de CO_2);
3. Mobilidade local e transporte de passageiros (distâncias e modos de transporte);
4. Existência de zonas verdes públicas e de serviços locais (Acesso dos cidadãos a zonas verdes públicas próximas e a serviços básicos);
5. Qualidade do ar (número de dias em que se registra uma boa qualidade do ar);
6. Viagens/deslocações das crianças entre a casa e a escola

Digitized by Google

(modo de transporte utilizado pelas crianças nestas deslocações);

7. Gestão sustentável da autoridade e empresas locais (percentagem das organizações públicas e privadas que adaptam e utilizam procedimentos de gestão ambiental e social);
8. Poluição sonora (percentagem da população exposta a ruído prejudicial);
9. Utilização sustentável do solo (DS, recuperação e proteção dos solos);
10. Produtos que promovem a sustentabilidade (percentagem do consumo total de produtos que possuem rotulagem ecológica, de origem biológica ou objeto de práticas comerciais melhoradas).

De maneira geral a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) classifica os indicadores como sendo baseados no modelo *Pressure-State-Response* (PSR) (Pressão-Estado-Resposta), onde o termo estado indica a qualidade do ambiente (qualidade do ar, da água, do solo, à biodiversidade, etc.); pressão indica a causa do impacto; e, resposta representa a ação realizada para prevenir ou impedir o impacto. Já para a EEA o modelo que oferece uma abordagem mais completa é o modelo *DPSIR (Driving force – Pressure – State – Impact – Response)* (Força motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta). De acordo com esta entidade esse modelo estabelece diferentes elos na cadeia causal entre indicadores.

Em março de 2003, a União Europeia definiu medidas concretas para implementação da estratégia global para o desenvolvimento sustentável, e entre estas estão: o plano de ação para domínio das tecnologias ambientais, a melhoria dos indicadores ambientais, a concretização do acordo para a adoção da diretiva relativa a responsabilidade ambiental e a aplicação da Convenção de Aarhus1 (acesso à informação, participação do público no

Digitized by Google

processo de tomada de decisão e acesso à justiça em matéria de ambiente) (PORTAL, 2004b).

Uma estrutura proposta pela Agência Ambiental Europeia (EEA, 1999) classifica uma tipologia, na qual os indicadores devem ser classificados em quatro grupos:

- Tipo A – Indicadores Descritivos
- Tipo B – Indicadores de Desempenho
- Tipo C – Indicadores de Eficiência
- Tipo D – Indicadores do Bem Estar Total

Cada tipo de Indicador está relacionado a uma das seguintes questões:

- Tipo A – O que é esperado para o ambiente e para os humanos?
- Tipo B – E as condições físicas do ambiente?
- Tipo C - Estamos melhorando?
- Tipo D - Estamos no melhor dos mundos?

No grupo Tipo A são definidos indicadores descritivos nos quais englobam questões para a força motriz, pressão, estado, impacto e resposta. A EEA define esse grupo como sendo relacionados ao desenvolvimento social, demográfico e econômico, nas sociedades e as correspondentes mudanças no estilo de vida, e em todos níveis dos padrões produção e consumo. (EEA, 1999b). Os indicadores de desempenho Tipo B, comparam as condições atuais com um conjunto bem especificado de condições-referências. Eles podem medir a distância entre a situação ambiental atual e a situação desejada. Os do Tipo C refere-se à relação entre as pressões ambientais vindas das atividades humanas fornecendo uma ideia da eficiência de produtos e processos e a eficiência em termos de recursos utilizados, emissões e lixo gerado por unidade produzida. A classificação Tipo D onde englobam fatores que refletem a sustentabilidade da posição econômica e enfatiza a capacidade de transformação local. Esses aspectos estão incorporados nas ações

Digitized by Google

dos Países da UE que refletem as diferentes políticas na área de inclusão social, ambiental e cuidados de longa duração. Assim, são fixados objetivos comuns nestas áreas para que possam comparar as melhores práticas e medir o progresso em relação a objetivos comuns com o uso de indicadores comum. Tais indicadores estão relacionados uns com os outros, assim, os países membros são levados a fazerem as adaptações conforme as suas próprias necessidades. A tabela 2.5 mostra o modelo DPSIR.

Tabela 2.5 - Classificação dos Indicadores segundo EEA conforme modelo DPSIR.

MODELO DPSIR	**Classificação**	**Indicador**
D *Driving force* (Força motriz)	Atividades humanas tais como a produção, o consumo, transporte, construção.	Indústria Agricultura Turismo Energia Transporte Construção
P *Pressure* (Pressão)	Pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, geralmente denominadas causas ou vetores de mudança (emissão de poluentes, deposição de resíduos, extração de recursos naturais, etc.)	Uso do Solo Emissões Disposição de Resíduos Consumo de Água Consumo de Energia
S *State* (Estado)	Estado ou condição do meio ambiente resultante das pressões.	Meio Natural: qualidade ambiental, biodiversidade. Meio sócio-econômicos: crescimento econômico, bem estar social.
I *Impact* (Impacto)	Impacto ou efeitos produzidos pelas pressões e pela qualidade do meio ambiente nos ecossistemas, na qualidade de vida humana, na saúde pública, etc.	Ambiental Econômico Social Saúde Humana
R *Response* (Resposta)	Resposta é a componente da matriz que corresponde às ações coletivas ou individuais que previnem, minimizam ou corrigem os impactos ambientais negativos, conservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população local.	Políticas Setoriais Políticas Macroeconômicas Políticas Especificas

Fonte: EEA (2002) adaptado.

Os trabalhos desenvolvidos pela EEA sobre indicadores incidem nas medidas de conservação e na integração das questões

Digitized by Google

relativas à biodiversidade nos diversos setores, por exemplo, silvicultura, agricultura e pescas. Com base no modelo *DPSIR*, *a EEA* juntamente com o 5º Programa de Ação Ambiental da EU (5EAP), desenvolveram indicadores ambientais que se classificam como mostra a tabela 2.5.

O modelo *DPSIR* é utilizado cada vez mais em escala mundial uma vez que consegue sintetizar as questões ambientais, sociais e econômicas. Este modelo demonstra a influência das atividades humanas no qual ocasionam pressão sobre o meio ambiente.

2.3 Propriedades Rurais e a Ecoeficiência: Energia da Biomassa

A palavra energia deriva do grego *en e ergon* (trabalho). A principal fonte de energia da agricultura é o sol, que está sempre alimentando o planeta com sua energia, de forma abundante e gratuita (LOPES, 2006). Porém, esta energia do sol e outras renováveis como o vento e a água precisam ser transformadas para que possa ser utilizada. Tem-se atualmente que a população mundial cresce a uma taxa exponencial, o que requer mais energia para habitação, manufatura, produção, processamento e armazenamento de alimentos, comercialização, transporte e outros. Com a crise energética, sérias questões vêm sendo levantadas na agricultura, principalmente no que tange seu papel no futuro, como produtora de alimentos. A intensificação do uso de insumos externos, máquinas pesadas, manejo inadequado do solo, uso de adubação química e pesticidas torna a agricultura moderna e o setor rural cada vez mais dependente do uso de energia.

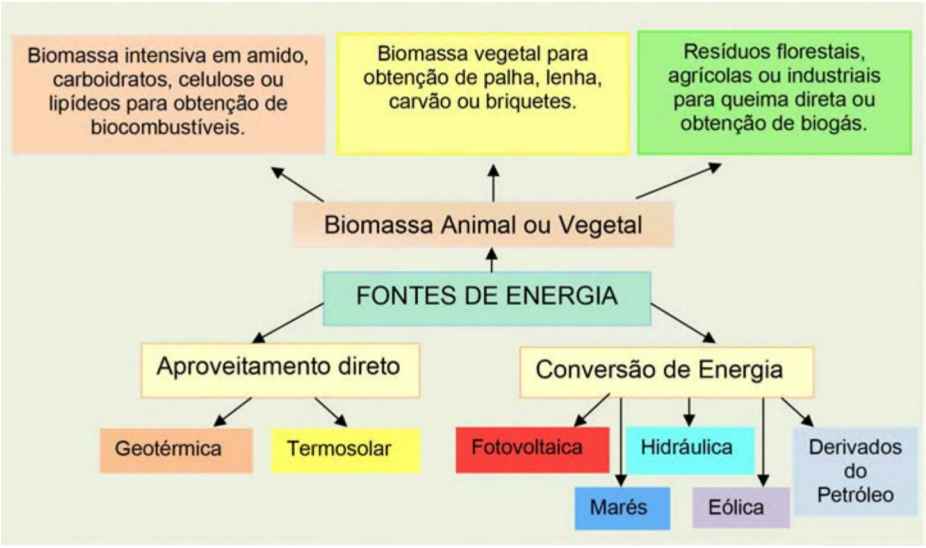
Diante disso, a Agroenergia aponta ao aproveitamento das fontes de energia alternativas (figura 2.7), em grande parte, como alternativa para o setor rural a partir de produtos agropecuários e florestais.

Digitized by Google

As formas de energia utilizadas no setor rural representam uma gama de aplicações, processos e transformações. Pode-se então começar a dimensionar na agricultura o seu potencial de consumo energético, uma vez que todas as atividades envolvidas nesse setor carecem certa quantidade de energia para realizar um determinado trabalho.

De acordo com Netto & Dias (1984), energia e agricultura estão intimamente vinculadas. Essa vinculação se apresenta não apenas nas operações motomecanizadas observáveis, mas em todas as interações presentes em um agroecossistema.

Figura 2.7 - Fluxos de energia na agricultura.



Fonte: Gazzoni (2011) adaptado.

Uma forma de classificação das entradas de energia no setor rural é a divisão em categorias como, por exemplo: Biológica, Fóssil e Industrial, como defendida por Carmo *et. al.* (1988) *apud* Campos e Campos (2004).

Na primeira, consideram-se a energia humana e animal, resíduos de animais e da agroindústria, sementes e mudas, alimentos

Digitized by Google

para animais, adubação verde e cobertura morta; na segunda, os produtos e subprodutos do petróleo, tidos como fontes de energia primária, incluindo adubos químicos e agrotóxicos; e na terceira são incluídas as máquinas e equipamentos agrícolas à tração mecânica e animal e a energia elétrica.

A energia consumida na agricultura pode apresentar, ainda, a seguinte classificação, de acordo com Junqueira *et. al.* (1982):

a. Energia que não é utilizada diretamente pelo processo produtivo, como a utilizada pelo homem para seu bem-estar (iluminação, aparelhos eletrodomésticos, etc.) e nos trabalhos após a colheita (operações de beneficiamento, transporte, etc.);
b. Energia utilizada em operações agrícolas que tornam possível o processo produtivo ou que o torna mais eficiente, mas não fazem parte do produto final, como a fornecida pela mão-de-obra, pelos animais de trabalho e pelas máquinas em operações de aração, gradagem, semeadura, adubação, aplicação de agrotóxicos, podas, capinas e colheita;
c. Energia convertida em produto final, gasta na manutenção e no crescimento de animais e plantas ou que será armazenada na forma de alimento ou de material combustível.

A preocupação com o emprego da energia na agricultura não é recente; SILVA & GRAZIANO (1977) alertaram as autoridades responsáveis pela fixação de políticas para a pesquisa agropecuária, para a necessidade de direcionamento na busca de modelos poupadores de energia.

2.3.1 Propriedades Rurais e Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

A racionalização do uso de recursos naturais voltados para propriedades rurais engloba questões relacionadas á:

Digitized by Google

1. Redução do uso de recursos hídricos: tratamento e reuso da água, uso racional e eficiência da mesma.
2. Redução do consumo de energia na produção de bens e prestação de serviços.
3. Substituição de combustíveis de origem fóssil (óleo diesel e gasolina) por fontes renováveis (biodiesel, bio-óleo, etanol, energia hídrica, eólica ou solar).
4. Aumento da reciclagem interna e externa de materiais.
5. Utilização voluntária de tecnologias mais limpas: sistemas de prevenção, redução, controle e tratamento de resíduos, efluentes e emissões de poluentes.

As propriedades rurais podem ser caracterizadas por suas atividades como, por exemplo, agrícola e de pecuária. Outra classificação pode ser pelo seu tamanho ou nivel tecnológico. Para essas propriedades, os indicadores de ecoeficiência podem levar em consideração os seguintes fatores:

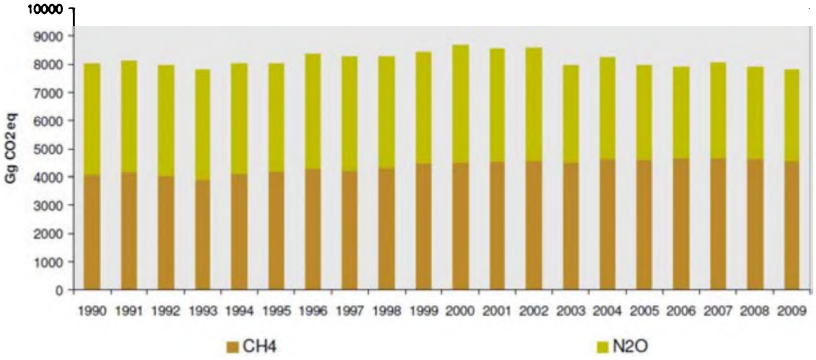
a. Quantidade de água utilizada na propriedade.
b. Quantidade de energia utilizada na propriedade.
c. Emissões causadas pelas atividades que envolvem o processo produtivo da propriedade.
d. Quantidade de residuos gerados pelas atividades.
e. O desempenho operacional no qual leva em consideração entrada e saída de materiais e, produtos.
f. O desempenho de gestão adotado pelo administrador rural, nos quais estariam inserido na administração e planejamento de suas atividades.

A intensificação do uso de tecnologias que sejam apropriadas, do ponto de vista ambiental, é um fator que determina o grau de desenvolvimento da propriedade, uma vez que o produtor irá adotar práticas ecoeficiêntes com a utilização de tecnologia que melhor atenda sua demanda imediata. O fator emissões inserido é importante, porque de acordo com Freitas (2011) quando ela-

Digitized by Google

borou o Inventário Nacional de Emissões por Fontes e Remoções por sumidouros de Poluentes Atmosféricos, no ano de 2009, a agricultura (sem consumo energético) foi responsável por 10,5 % das emissões nacionais totais; 35,6 % das emissões de CH_4 e; 69,8% das emissões de N_2O. Segundo o autor as emissões setoriais, resumem-se aos gases metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), sendo os restantes gases (NOx, CO, compostos orgânicos voláteis) desprezáveis comparativamente e termos de emissões. A figura 2.8. a seguir mostra o equivalente de emissões relacionadas aos gases metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). A unidade de medida utilizada é o gigagrama (1 Gg = 1 000 toneladas) de CO_2 equivalente.

Figura 2.8 - Emissões de CH4 e N2O da Agricultura (1990 – 2009).



Fonte: NIR (2011)

O setor pecuário é responsável por 57% das emissões da agricultura, atribuíveis, sobretudo, ao conjunto dos setores dos bovinos (27,8%) e dos suínos (14,4%) (FREITAS, 2011). Ainda segundo o autor o setor vegetal tem um peso inferior ao animal (43%), cujo peso determinante decorre das emissões provenientes da fertilização de solos (37,3%).

Além do fator emissões, outro aspecto relevante a ser analisado dentro da propriedade rural é o consumo de água. A agricultura absorve 70% da água consumida, a indústria é responsável por

Digitized by Google

20% e os 10% restantes vão para consumo humano. As empresas agrícolas e as indústrias são, portanto, responsáveis por 90% do consumo de água (INSTITUTO ETHOS, 2005)

A geração de resíduos dentro da propriedade rural é um fator que deve ser ressaltado e avaliado dentro do contexto da ecoeficiência, uma vez que a biomassa é matéria promissora para a agroenergia. A produção animal é uma das maiores causas da geração de resíduos dentro da propriedade, principalmente, e tiver o modo de produção com animais criados em confinamento.

A densidade demográfica e a disponibilidade de recursos são dois fatores primordiais que têm influenciado o uso da biomassa no decorrer da história. É importante destacar que a biomassa pode ser utilizada não só para cocção de alimentos nos setores domésticos e comerciais, mas também serve como fonte de energia em processamentos agroindustriais e na fabricação de tijolos, telhas, cimento, fertilizantes e outros (ROTHMAN, 2005). Dentre todas essas utilizações da biomassa, a geração de energia é considerada a mais expressiva. Assim, Tolmasquim (2003) acrescenta que o uso da biomassa para fins energéticos tem se expandido com o aproveitamento dos resíduos de processos agrícolas e industriais de forma a gerar excedentes e mitigar custos ambientais (TOLMASQUIM, 2003).

A biomassa consiste na quantidade total de matéria viva existente num ecossistema e engloba simultaneamente tanto os seres vivos (animais ou vegetais) como também o conjunto dos produtos orgânicos ou resíduos gerados pelos mesmos (COUTO *et. al.*, 2004). Para a geração de energia pode-se utilizar os derivados da biomassa diretamente como combustível ou como insumo para sua produção. Os resíduos orgânicos provenientes da biomassa, tanto da agricultura como de outras atividades, são utilizados para a produção de energia elétrica ou térmica como, por exemplo: bagaço de cana, a palha de arroz, o caroço de algodão, a casca do

Digitized by Google

amendoim, os restos de vegetais inaproveitáveis para consumo e os efluentes sólidos e líquidos da produção pecuária, que possam ser biodegradados, como dejetos, estercos, dentre outros. Pode ainda ser considerada, de acordo com Nogueira e Lora *apud* Sales (2006), uma forma indireta de energia solar, pois resulta da conversão da energia solar em energia química por meio da fotossíntese. A equação 2.3 expressa a reação química da fotossíntese.

$$6CO_2 + 6H_2O + \textit{Energia Solar} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \qquad \textbf{Equação 2.3}$$

A fotossíntese é, portanto, a base dos processos biológicos que preservam a vida das plantas e produz a energia química que se converterá em outras formas de energia ou em produtos energéticos (ANEEL, 2005). Assim, o clima e as características do solo influenciam diretamente o crescimento vegetativo, uma vez que o processo fotossintético é condicionado pela radiação solar, temperatura do ar, teor de oxigênio, disponibilidade hídrica, estresse fisiológico dentre outros (COUTO *et. al.* 2003)

As principais fontes de biomassa são as provenientes de: 1) cultivos ricos em carboidratos ou amiláceos, que geram o etanol; 2) as de lipídios vegetais e animais, que geram o biodiesel; 3) a madeira, que pode gerar o metanol, briquetes ou carvão vegetal; e 4) os resíduos e dejetos da agropecuária e da agroindústria, que podem gerar calor e energia elétrica (OLIVEIRA *et. al.* 2007)

Assim, a utilização dessa biomassa para fins energéticos é uma maneira de diminuir a dependência dos combustíveis fósseis e, de maneira direta, contribuir para diminuição da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração que, de acordo com Oddone (2001)

Digitized by Google

apud PNAE (2006-2011), "seria o processo que apresenta alta eficiência energética e tem a capacidade de transformar uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil". Essa pode produzir energia elétrica e vapor de processos para atender à demanda de energia, principalmente no setor agrícola durante a colheita, bem como produzir excedentes que podem ser vendidos para a concessionária local.

As formas de energia útil que se conhece por ser frequentemente usada são a energia mecânica, que atua movimentando máquinas, equipamentos e turbinas, e a energia térmica que consiste na energia de movimento das partículas atômicas para geração de vapor, frio ou calor. Essas formas de energia útil são utilizadas em propriedades agrícolas, em processos industriais e até mesmo em residências. Dessa forma Tolmasquim (2003) afirma que o uso de combustíveis derivados da biomassa, além de contribuir para diminuição da emissão de gases de efeito estufa, considera que as eficiências de conversão da biomassa em eletricidade poderia ser maiores devido à maior eficiência de combustão e à maior eficiência dos equipamentos.

Os motores movidos a óleo diesel são utilizados em comunidades agrícolas que dispõem de sistemas isolados de geração de energia elétrica, o que acarreta sérios problemas ambientais e econômicos, pois o óleo diesel é considerado uma fonte altamente poluidora e de custo elevado devido ao seu transporte. Neste sentido, a utilização da biomassa para geração de energia pode, além de gerar energia elétrica, auxiliar na criação de empregos no campo e com isso promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente por meio da criação de empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local (ANEEL, 2008). O grande desafio seria a possível combinação entre tecnologia agrícola adequada, para produção

Digitized by Google

de biomassa, e sistemas de produção de eletricidade que atenda às necessidades das comunidades isoladas, e também considerar o fato que o recurso deve ser colhido na mesma proporção em que cresce e os nutrientes do solo não for esgotado (*INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY*, 2006). Percebe-se então que o uso da biomassa, com a perfeita combinação de tecnologia e sistema de produção, pode contribuir de maneira significante para com a produção de energia elétrica.

Segundo Patterson e Bridgewater (1994) *apud* Rigel e Ferronato (2010) os principais motivos que têm levado à expansão da produção de energia elétrica em larga escala a partir da biomassa são, em síntese, os seguintes:

i. A produção de eletricidade a partir da biomassa têm um ciclo de Carbono praticamente fechado, as emissões de SOx são muito pequenas - ou nulas -, têm-se menos cinza residual de quando do uso de carvão mineral, por exemplo.
ii. Alguns analistas acreditam que é no uso energético de resíduos que vai ser definido o maior mercado, nos países desenvolvidos, dessas novas tecnologias de conversão da biomassa. Esta tendência será tanto mais forte quanto maior for a pressão da sociedade;
iii. Á conveniência da redução da dependência de alguns países com relação aos combustíveis fósseis e, em especial, aos derivados de petróleo, tópico que é sempre lembrado em associação à uma visão geopolítica estratégica, muito embora o abastecimento e os preços internacionais do petróleo estejam estáveis há muitos anos.

A energia que a biomassa armazena pode ser extraída de diferentes maneiras. Uma delas, e a mais usual seria a utilização do calor proveniente da combustão dos resíduos vegetais, já que estes possuem alto poder calorífico e podem ser usados de forma dire-

Digitized by Google

ta ou para a produção de vapor para gerar eletricidade (NANNI, 2005). O sistema de gaseificação é o que apresenta maior rendimento e por esta razão tem sido o mais utilizado pelos centros de pesquisa especializados.

2.3.2 Tecnologias de Aproveitamento da Biomassa para Produção de Energia em Propriedades Rurais.

Desde a primeira crise do petróleo no Brasil, em 1970, e com o surgimento do Proálcool, a produção de biocombustíveis vem sendo cogitada como parte de uma solução duradoura para o problema energético mundial (SOUZA *et. al.* 2008). E a utilização da biomassa com fins energéticos vem sendo também cogitada como parte importante dessa mudança.

O aproveitamento da biomassa pode ser feito de diversas formas e por alguns processos de conversão, tendo como resultado seus respectivos energéticos (Figura 2.9). Diversos tipos de subprodutos de atividades agrícolas, agropecuárias, florestais, agroindustriais e urbanas, tais como casca de arroz e outros resíduos lignocelulósicos, podem ser utilizados como combustíveis (NOGUEIRA E LORA, 2003).

As rotas tecnológicas de conversão da biomassa em energéticos ou matéria prima podem ser agrupadas em três principais ramos fundamentais. Estes ramos são classificados segundo a natureza dos processamentos primários aplicados à biomassa, e por sua vez dividem-se em: conversão termoquímica, conversão bioquímica e conversão físico-química.

Na conversão termoquímica a energia que é quimicamente armazenada na biomassa é convertida em calor por meio da combustão. A conversão bioquímica por sua vez inclui os processos biológicos e químicos, como a digestão anaeróbica, a fermentação/destilação e a hidrólise. Por último a conversão físico-química,

Digitized by Google

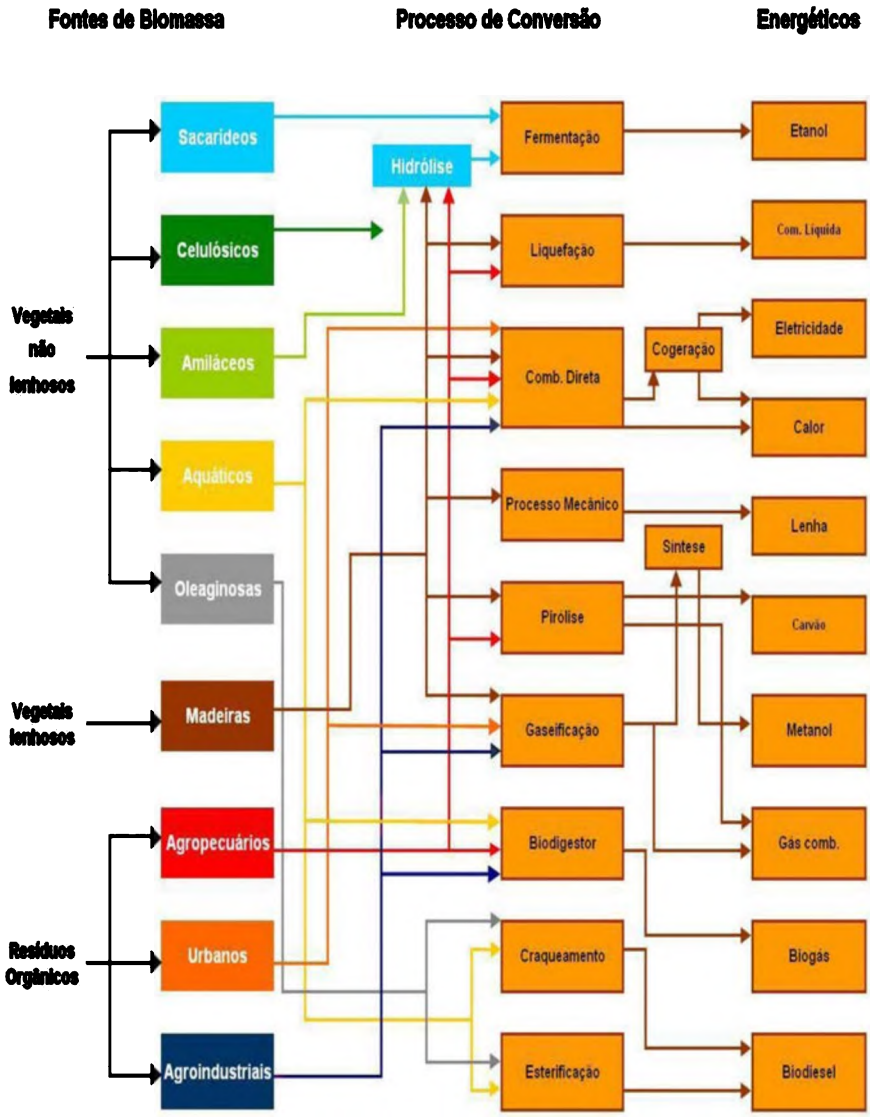
no qual utiliza técnicas para disponibilização de lipídios através da compressão e esmagamento de diversas matérias vegetais e extração dos óleos vegetais, que posteriormente sofrerão transformação química, dentre outros como transesterificação, esterificação e craqueamento (VERINGA, 2000).

Numa abordagem utilizada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), a biomassa pode ser classificada em quatro grandes grupos, que se diferenciam de acordo com a principal substância de armazenamento de energia, podendo ser: os vegetais não lenhosos, vegetais lenhosos, resíduos orgânicos e os biofluídos. Uma adaptação feita pelo CENBIO 2010, com base no Balanço Energético Nacional, classifica a biomassa em apenas três desses grupos, uma vez que entende que os biofluídos se encaixam na área dos vegetais não lenhosos, obtendo como energético o biodiesel, assim como considerações feitas pelo MME.

Os vegetais não lenhosos, em geral, apresentam maior umidade e são produzidos a partir de cultivos anuais, podendo ser classificados em sacarídeos, celulósicos, amiláceos, aquáticos e oleaginosas. Os sacarídeos contemplam os vegetais que possuem como tecido de armazenamento os açúcares como sacarose, por exemplo, a Cana-de-açúcar e o Sorgo cv. Sacarino. Os celulósicos, por sua vez, englobam os vegetais que não possuem como tecido de reserva a sacarose, amido ou óleo, apesar da celulose ser um dos constituintes principais da parede celular de todos os vegetais.

Digitized by Google

Figura 2.9 - Fluxograma das fontes de biomassa, processos de conversão e energéticos produzidos.



Fonte: MME (1982) *apud* Cenbio (2010).

Como o próprio nome já diz, os amiláceos são os vegetais que possuem como tecido de armazenamento o amido, que por sua vez são carboidratos complexos que serão transformados para obtenção de açúcares mais simples para fermentação, tendo como

Digitized by Google

exemplo o milho, a mandioca, a batata doce, dentre outros. O grupo aquático engloba plantas aquáticas com potencial para gerar energia, como é o caso das algas e microalgas. E, por fim dessa classificação as oleaginosas que contempla os vegetais que possuem óleos e gorduras que podem ser extraídos através de processos adequados e então serem transformados em biodiesel, como por exemplo, a soja, girassol, pinhão manso dentre outros (CENBIO, 2010).

Os vegetais lenhos são aqueles capazes de produzir madeira como tecido de suporte e que através de processos de conversão podem ser transformados em energéticos. Os resíduos orgânicos, por sua vez, estão divididos em agropecuário, urbanos e agroindustriais, estes são os subprodutos das atividades agrícolas, agropecuárias, agroindustriais e urbanas e podem também ser utilizados como combustíveis.

Dentre as tecnologias de aproveitamento energético da biomassa pode-se citar como sendo as de maior destaque, a Combustão Direta, a Pirólise ou Carbonização, a Gaseificação, a Fermentação e a Transesterificação. Cada uma dessas tecnologias apresenta como subproduto seu energético correspondente, como o etanol, biodiesel, biogás, eletricidade e/ou calor, carvão dentre outros (CENBIO, 2010).

Como cada energético produzido por meio da biomassa pode ser obtido por diversos processos tecnológicos, escolheu-se centrar-se na analise desses últimos.

a) Combustão Direta

A combustão direta ocorre quando a energia química contida nos combustíveis é transformada em calor, através dos elementos fornecidos com os elementos constituintes. Assim, esta ocorre quando o material é queimado por aquecimento de maneira direta, como por exemplo, em fogões para cocção de alimentos, cal-

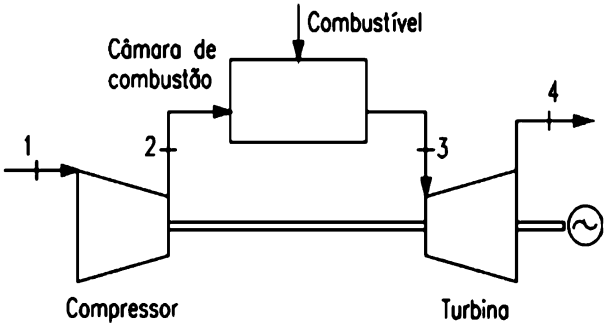
Digitized by Google

deiras com a geração de vapor e, fornos para metalurgia (ANEEL, 2002). Ou seja, os materiais orgânicos que seriam jogados no meio ambiente, como o bagaço de cana e casca de coco, agora encontra um destino.

A eficiência desse processo deve ser levada em consideração, uma vez que depende de vários fatores como, por exemplo, o tipo de combustível que será queimado, a umidade existente nesse combustível, o poder calorífico e a densidade do combustível, e por fim, a questão logística desse processo incluindo transporte e armazenamento (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY, 2006).

Quando a biomassa sólida se submete ao processo de combustão, tem-se como resultado energia térmica útil. Assim, é produzido um vapor que, sob uma pressão, fará girar uma turbina para a geração de energia elétrica (figura 2.10). A água condensada voltará à caldeira formando assim um ciclo.

Figura 2.10 - Arranjo típico de uma turbina a gás em ciclo simples.



Fonte: NASCIMENTO *et. al.* (2006)

Para que o processo de combustão aconteça, existem basicamente três etapas dentro do processo, onde apesar de existirem diferentes tecnologias o princípio da combustão da biomassa é essencialmente a mesma para cada um, são elas: secagem (expulsão da umidade), pirólise (aquecimento entre 300° C e 900° C na

Digitized by Google

"quase-ausência" de ar) e a oxidação (aquecimento cerca de 800º C o carvão é oxidado).

b) Pirólise ou Carbonização

A pirólise ou carbonização é um processo que consiste na degradação térmica da biomassa em ausência de ar (total ou parcial) a temperaturas relativamente baixas (normalmente entre 300 °C e 900°C), transformando em um combustível sólido (carvão vegetal), líquido (biocombustíveis) e gasosos (gás) (ANEEL, 2008), cuja fração depende da temperatura e do tempo de residência. O principal produto final desse processo é o carvão e têm uma densidade energética duas vezes maior do que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Uma das aplicabilidades desse processo seria no aproveitamento de resíduos vegetais, como subprodutos de processos agroindustriais, sendo por tanto necessário que se faça a compactação dos resíduos, cuja matéria-prima é transformada em briquetes. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e potência (CENBIO, 2010).

De modo geral o processo pirolítico pode ser: pirólise lenta ou convencional e pirólise rápida. A pirólise lenta é o processo tradicional e se caracteriza por realizar-se a baixas taxas de aquecimento (°C/s) e elevados tempos de residência (dependente do próprio processo) o que maximizará o rendimento de carvão vegetal e minimizar as quantidades de bio-óleo e gás. A pirólise rápida, por sua vez, é a realizada a elevadas taxas de aquecimento e pequenos tempos de residência das fases gasosas e sólidas no reator, obtendo-se como resultado, principalmente, vapores e aerossóis, além de certa quantidade de carvão vegetal (GOMÉZ *et. al.* 2003).

Para escolha do tipo de pirólise a ser empregado, deve-se levar em consideração as características do processo, o material de

Digitized by Google

origem (o teor de umidade), bem como o produto final a que se deseja obter, uma vez que a temperatura e o tempo de residência irão influenciar diretamente no produto final desse processo.

c) Gaseificação

A gaseificação é um processo que envolve uma numerosa seqüência de reações paralelas (Figura 2.11) no qual a matéria orgânica é transformada em gás através da queima, em uma condição de escassez de ar em relação à queima estequiométrica, ou seja, o ar fornecido ao processo deverá ser menor do que aquele que garantiria a queima completa do combustível (Estado da Arte da Gaseificação de Biomassa). Assim, Ciferno (2002), define a gaseificação como sendo um processo de conversão térmica de materiais que contem carbono numa mistura gasosa combustível ou gás de síntese, na presença de um agente oxidante em condições abaixo da estequiométrica.

Figura 2.11 - Etapas do processo de Gaseificação.

Fonte: Elaboração própria baseado no Estado da Arte da Gaseificação de Biomassa

Segundo Lora *et. al.* 2004, a gaseificação reúne algumas vantagens quanto ao seu uso quando comparada a combustão direta:

a. A geração de eletricidade em pequena escala pode ser realizada sem a necessidade de um ciclo de vapor, utilizando o gás da biomassa diretamente em um motor de combustão interna ou, em perspectiva, num motor *Stirling*,

Digitized by Google

microturbina a gás ou célula combustível.

b. É possível obter eficiências comparáveis com as de centrais térmicas a carvão.

Além destas vantagens citadas por Lora *et. al.* (2004), de modo geral pode-se ter como vantagens do processo de gaseificação a alta eficiência térmica, variando de 60% a 90%, dependendo do sistema implementado onde a demanda de energia pode ser controlada e, consequentemente, a taxa de gaseificação pode ser monitorada, e, as cinzas e o carbono residual permanecem no gaseificador, diminuindo assim a emissão de particulados. Assim os gaseificadores podem ser classificados como mostra a tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Classificação dos Gaseificadores quanto aos seus parâmetros.

PARÂMETROS	CLASSIFICAÇÃO			
Poder calorífico do gás produzido	Gás de baixo poder calorífico até 5 MJ/Nm3.	Gás de médio poder calorífico de 5 a 10 MJ/Nm3.	Gás de alto poder calorífico – de 10 a 40 MJ/Nm3	–
Tipo de agente de gaseificação	Ar	Vapor de Água	Oxigênio	–
Pressão de trabalho	Baixa pressão (atmosférica)	Pressurizados (até 3 MPa).	–	–
Direção do movimento relativo da biomassa e do agente de gaseificação	Leito em movimento a contra fluxo com o gás (contracorrente).	Leito em movimento a fluxo direto com o gás (concorrente).	Leito em movimento perpendicular ao fluxo de gás (fluxo cruzado).	Leito fluidizado.

Fonte: LORA *et. al.* (2004).

Os gaseificadores para biomassa podem ser classificados quanto ao poder calorífico do gás produzido; tipo de agente de gaseificação; pressão de trabalho; e, direção do movimento relativo da biomassa e do agente de gaseificação. Para estes parâmetros Lora *et. al.* (2004) ressaltam os seguintes valores, como apresentados na tabela 2.6.

Digitized by Google

Estudos realizados sobre essa tecnologia ao redor do mundo são numerosos, marcados principalmente pela preocupação ambiental e em consequência o futuro dos combustíveis fósseis, uma vez que eles não são renováveis. Neste contexto o Brasil encontra-se em níveis tecnológicos compatíveis aos países desenvolvidos, possuindo uma planta comercial operacional à base de resíduos da plantação de arroz (GRIMONI *et. al.* s/d).

d) Fermentação

A batata, o milho, a beterraba e a cana de açúcar são exemplos de plantas que contem açúcar. Estes açucares podem ser convertidos em álcool através de um processo biológico anaeróbio, a fermentação, por meio da ação de microrganismos (usualmente leveduras).

Como resultado desse processo tem-se o álcool, que é composto em sua maioria por etanol e, em menor proporção o metanol. Ambos são considerados produtos energéticos que podem ser utilizados como combustível puro ou adicionado à gasolina, em motores de combustão interna, e tem um grande valor econômico. A parte solida desse processo também pode ser utilizada com fins energéticos. Ou seja, esses resíduos sólidos podem ser utilizados em usinas termelétricas para a produção de eletricidade.

Para o etanol configurar-se como, de fato, um programa de energia renovável pautado na inclusão social e na regionalização do desenvolvimento, é necessário contemplar os seguintes pontos de acordo com Cunha (2007):

a. Trabalhar o conceito-ação do etanol de modo a possibilitar a inserção gradativa de várias tecnologias de geração de energia a partir da biomassa (Transesterificação etanólica, metanólica, craqueamento, dentre outras);
b. Ser precedido de uma estratégia de descentralização da produção, da industrialização e da distribuição;

Digitized by Google

c. Garantir o acesso da agricultura familiar ao mercado do etanol;
d. *É importante propiciar mecanismos de compra direta à indústria e também relações de permuta, bem como possibilitar a regionalização da produção e do consumo, independente da política das distribuidoras;*
e. Possibilitar a utilização de quaisquer rotas tecnológicas que conduzam a produtos dentro de padrões de qualidade aceitáveis (inclusive, considerar os padrões a serem estabelecidos para o combustível vegetal obtido por craqueamento);
f. Trabalhar os padrões de identidade e qualidade de maneira a não excluir quaisquer matérias-primas;
g. Priorização do conjunto de políticas públicas (financiamento, assistência técnica e extensão rural – ATER, de uso da terra e de apoio à comercialização) voltadas à produção de biodiesel a partir da agricultura familiar e dos assentados da Reforma Agrária;
h. Mercado institucional (abastecimento de órgãos públicos e transporte coletivo) priorizado à Agricultura Familiar e assentado;
i. Estender todos os benefícios da produção do biodiesel da agricultura familiar para o etanol da agricultura familiar.

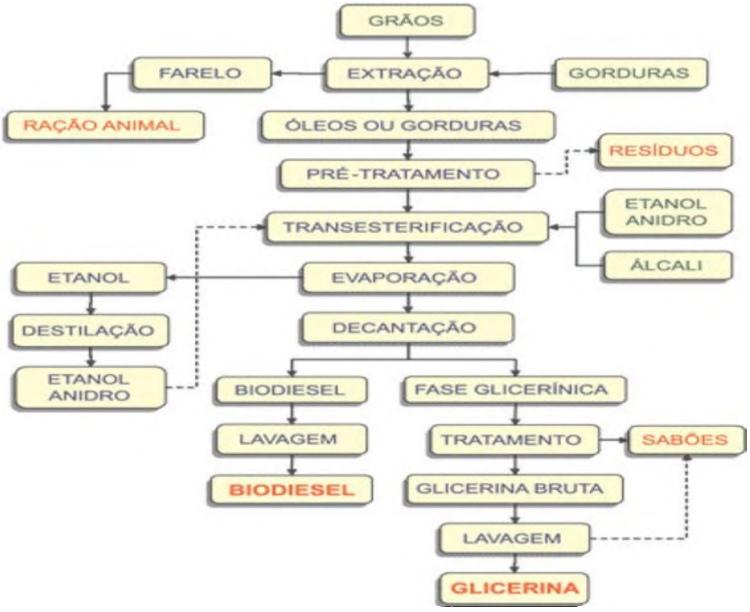
O etanol, cuja produção já está consolidada no país e em franca expansão, é caracterizado pelas grandes propriedades e pela monocultura da cana-de-açúcar. Atualmente existem grandes motivações para a produção de etanol a partir também da batata-doce devido aos benefícios sociais e ambientais que esse novo combustível pode trazer. Contudo, em razão dos diferentes níveis de desenvolvimento econômico e social dos países, esses benefícios devem ser considerados diferentemente, bem como o processo tecnológico empregado para esse produto.

Digitized by Google

e) Transesterificação

A transesterificação é um processo químico que consiste da reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo (metóxido ou etóxido), oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio) (Ribeiro *et. al.*, 2001 *apud* ANEEL 2002). A conversão de óleos de gordura animal ou de óleos vegetais para biodiesel tem como rota tecnológica mais usada a transesterificação (Figura 2.12) também denominada de alcoólise.

Figura 2.12 - Fluxograma simplificado de produção de ésteres etílicos a partir de óleos vegetais e gordura animal.



Fonte: Ramos et. al. (2008)

Esta pode ser conduzida por uma variedade de rotas em que diferentes tipos de catalisadores podem ser empregados, como: bases inorgânicas (hidróxidos de sódio e potássio e bases de Lewis); ácidos minerais (ácido sulfúrico); resinas de troca iônica (resinas catiônicas fortemente ácidas); argilominerais ativados; hidróxidos

Digitized by Google

duplos lamelares; superácidos; superbases e enzimas lipolíticas (lipases) (Schuchardt *et al.* 1998; Ramos 2003 *apud* Ramos *et al.* 2008), dependendo das características do óleo ou gordura utilizados.

Com relação ao agente transesterificante, o processo reacional ocorre preferencialmente com álcoois de baixa massa molecular, como a exemplo do metanol, etanol, propanol, butanol e álcool amílico (Ferrari *et. al.* 2005 *apud* Geris *et. al.* 2007), mas metanol e etanol são os mais frequentemente empregados, devido ao seu baixo custo na maioria dos países e às suas vantagens físicas e químicas, além de permite a separação simultânea do glicerol. A mesma reação usando etanol é mais complicada, pois requer um álcool anidro, bem como um óleo com baixo teor de água para levar à separação do glicerol (Schuchardt *et. al.* 1998 *apud* Geris *et. al.* 2007). Knothe *et. al.* (2006), mostra que o objetivo principal da reação de transesterificação é o de reduzir a alta viscosidade dos óleos vegetais brutos.

Das várias metodologias descritas na literatura para obtenção do biodiesel, a transesterificação de óleos vegetais é atualmente o método de escolha, principalmente porque as características físicas dos ésteres de ácidos graxos são muito próximas daquelas do diesel. Além disso, este processo relativamente simples reduz a massa molecular para um terço em relação aos triacilglicerídeos, como também reduz a viscosidade e aumenta a volatilidade (GERIS *et. al.* 2007).

2.4 O Biogás como Principal Fonte Energética fentro da Propriedade Rural

Além das culturas energéticas tradicionais, outro grande potencial para a produção de energia é o aproveitamento de resíduos

Digitized by Google

resultantes da produção agropecuária. Durante as atividades de colheita, transporte, armazenagem e beneficiamento são produzidos uma vasta quantidade de rejeitos. Esses rejeitos, normalmente, são lançados no meio ambiente, com pouco ou nenhum aproveitamento. Além de representar um impacto ambiental, a não utilização desses materiais impulsiona um desperdício de energia, uma vez que eles representam potencial energético considerável.

A produção de biocombustíveis de material residual figura como importante alternativa para os produtores rurais, produzindo energia a custos reduzidos e com relação ambiental mais favorável do que os sistemas convencionais de produção de energia. Entretanto, devem-se desenvolver estratégias para a exploração desses recursos, principalmente no âmbito técnico e econômico (PERIN, 2010).

A questão ambiental passa a ser encarada sob a ótica da impossibilidade de se conciliar o desenvolvimento de uma nação sem aumento significativo no uso de água e energia e na geração de resíduos, agravando-se o aspecto relativo ao aumento de poluição. Neste sentido os diversos setores da produção animal começam a se organizar para atender a dois requisitos, com o objetivo de que seus produtos possam competir e para que tenham boa aceitação no mercado (JUNIOR, 2000):

1. questões legais
2. exigência de mercado interno e externo

Os resíduos rurais incluem todos os tipos gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, qual seja: os resíduos agrícolas, florestais e pecuários. Os resíduos da pecuária são constituídos por estercos e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino e outros, cuja relevância local justifica seu aproveitamento energético. Este tipo de resíduo é importante matéria-prima para a produção de biogás (SOUZA, 2004). O biogás é formado a partir da degradação da matéria orgânica e

Digitized by Google

sua produção é possível a partir de uma grande variedade de resíduos orgânicos, composto tipicamente por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de outros gases como hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis (PECORA *et. al.* 2006). De acordo com Alves (2000), a presença de substâncias não combustíveis no biogás (água, dióxido de carbono, etc.) prejudica o seu processo de queima, tornando-o menos eficiente e, portanto, seu poder calorífico diminui à medida que se eleva a concentração de impurezas em sua composição (ALVES, 2000). Em termos práticos, uma comparação com os combustíveis usuais, a tabela 2.7 mostra a equivalência de 1 metro cúbico de biogás.

Tabela 2.7 - Equivalência do Biogás

FONTE CALORÍFICA	QUANTIDADE / UNIDADE
Álcool carburante	0,80 litros
Energia elétrica	4,69 kWh
Gasolina	0,61 litros
Gás de cozinha GLP	0,43 kg
Lenha	3,50 kg
Óleo Diesel	0,55 litros
Querosene	0,62 litros

Fonte: Colen (2003).

Deganutti *et. al.* (2002) ainda acrescenta que para uma família de 5 (cinco) pessoas, em termos de uso caseiro, é necessário um total de 8,93 m^3 de biogás por dia, sendo para a cozinha 2,10 m3, iluminação 0,63 m3, geladeira 2,20 m3, banho quente 4,00 m3. Essa quantidade de gás corresponde segundo os autores a ¼ de um bujão de gás de 13 kg e pode ser obtida com a produção de esterco

Digitized by Google

de 20 a 24 bovinos.

O esterco bovino, equino e suíno e a cama de frango são as principais matérias primas utilizadas nos biodigestores, devido ao seu poder calorífico e a representatividade em sua produção média diária. Trani (2008) *apud* Abreu *et. al.* (2010) destacam que uma vaca pesando 453 kg produz 23,5 kg de esterco por dia, um cavalo de 385 kg produz 16,3 kg, um porco de 72 kg produz 3,4 kg de esterco e um frango pesando 1,6 kg produz 100g de esterco + urina.

Nogueira (1986) apresenta o potencial de produção do biogás em função do tipo de esterco de alguns animais, como mostra a tabela 2.8.

A conversão energética do biogás pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos, visto que reduz o potencial tóxico das emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica (COSTA, 2002). Portanto, agrega o ganho ambiental a redução dos custos.

Tabela 2.8 - Produção de Biogás em Função do Tipo de Esterco

MATERIAL	RENDIMENTO (m³ de biogás por kg de material orgânico)
Esterco fresco bovino	0,04
Esterco seco de galinha	0,43
Esterco seco de suíno	0,35

Fonte: Nogueira, 1986.

Assim, o aproveitamento do biogás para geração de energia propicia o uso racional das fontes disponíveis, diminuindo a dependência de fontes externas de energia e, como ocorre a conversão do metano em dióxido de carbono, promove a redução de emissões de gases de efeito estufa, já que o metano tem potencial de aquecimento global cerca de 20 vezes maior, quando comparado ao dióxido de carbono (PECORA, *et. al. 2006)*.

Digitized by Google

O biogás pode ser aproveitado em duas situações. A primeira é a queima direta, que consiste na queima do material por aquecimento direto, tais como: fogões (cocção), caldeiras (geração de vapor) e fornos (metalurgia); A segunda diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energia elétrica e térmica.

As tecnologias convencionais para a transformação energética do biogás são as turbinas a gás, as microturbinas e os motores de combustão interna. De acordo com estudos realizados pelo CENBIO (2005), os motores ciclo Otto, além de apresentarem baixo custo quando comparados às turbinas e microturbinas a gás, possuem alta eficiência quando operados com biogás, sendo possível rápida instalação e fácil manutenção, pois já é uma tecnologia existente no país.

No entanto é necessário o estudo do aproveitamento do biogás disponível na forma de combustível gasoso, o qual pode ser utilizado num motor de combustão interna/gerador para geração de energia elétrica na propriedade rural (SIEBEBMORGEN *et. al.* (1988) *apud* SOUZA *et. al.* (2004)).

2.4.1 Tecnologias Aplicadas à Produção do Biogás

O biogás é armazenado no biodigestor ou digestor anaeróbio, onde ocorre a digestão anaeróbia e permite a recuperação da energia na forma de biogás. A escolha do modelo e tamanho do biodigestor leva em consideração algumas variáveis como, por exemplo, o tipo de matéria orgânica de entrada, as condições locais de solo, capital e custo relacionados à manutenção, necessidade energética da propriedade e disponibilidade de matéria-prima (VITORATTO,2004 *apud* PECORA, 2006). Os modelos de biodigestores mais utilizados em pequenas propriedades são o Modelo Indiano, o Modelo Chinês e o Modelo Batelada.

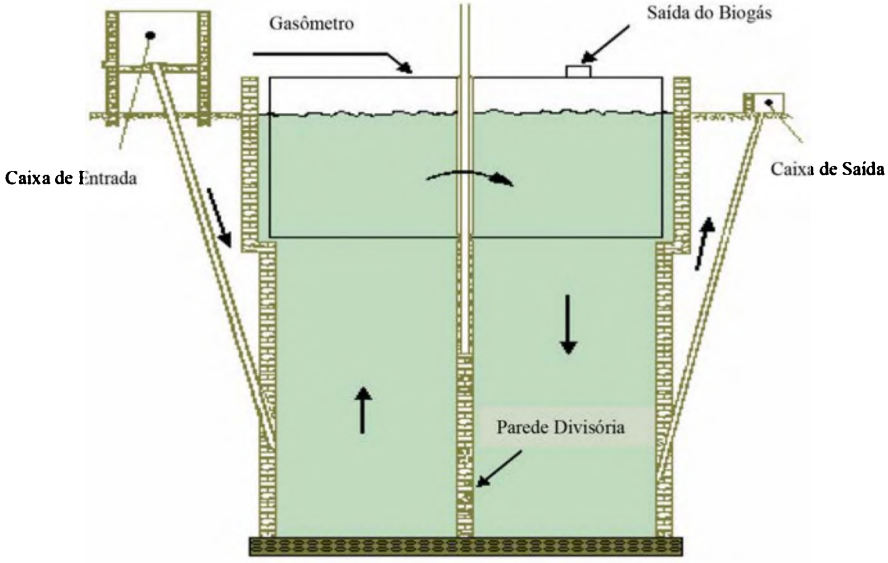
Digitized by Google

a) Modelo Indiano

O Modelo Indiano tem como principal característica o fato de possuir uma campânula como gasômetro e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A campânula pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, o que poderá reduzir as perdas durante o processo de produção do gás. Possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantém a pressão em seu interior constante (DEGANUTTI *et. al.*, 2002).

A figura 2.13 mostra a vista frontal em corte do biodigestor, realçando os elementos fundamentais para sua construção e, em seguida a figura 2.14 mostra a representação tridimensional em corte mostrando todo o interior do biodigestor.

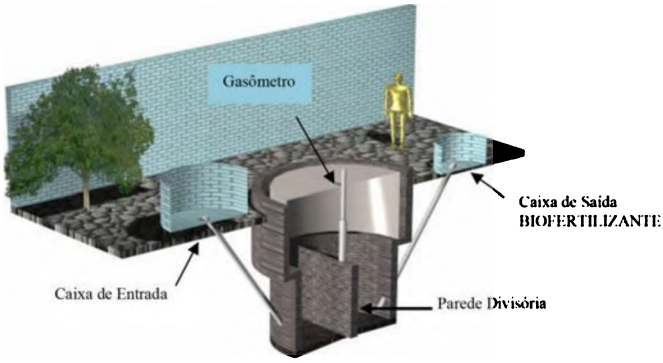
Figura 2.13 - Vista frontal em corte do biodigestor Modelo Indiano.



Fonte: BENINCASA *et. al.*, (1990) *apud* PECORA (2006) adaptado.

Digitized by Google

Figura 2.14 - Representação tridimensional do biodigestor Modelo Indiano.



Fonte: DEGANUTTI *et. al.* (2002) adaptado.

Este modelo é de fácil construção e sua principal desvantagem é o custo, pois o gasômetro de metal ainda é de valor elevado. Além desta desvantagem a distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte.

b) Modelo Chinês

O biodigestor Modelo Chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para fermentação, com teto impermeável. Seu funciona ocorre com base no princípio de prensa hidráulica, ou seja, com o aumento da pressão no interior do mesmo ocorrerá em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão. Este modelo é de fácil instalação, pois é constituído quase que totalmente em alvenaria.

Um destaque importante na construção desse tipo de biodigestor é a impermeabilização do biodigestor, pois, podem ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. De acordo com Deganutti *et. al.* (2002) este modelo de biodigestor não é indicado para instalações de grande porte, pois, uma parcela de gás formado na caixa de saí-

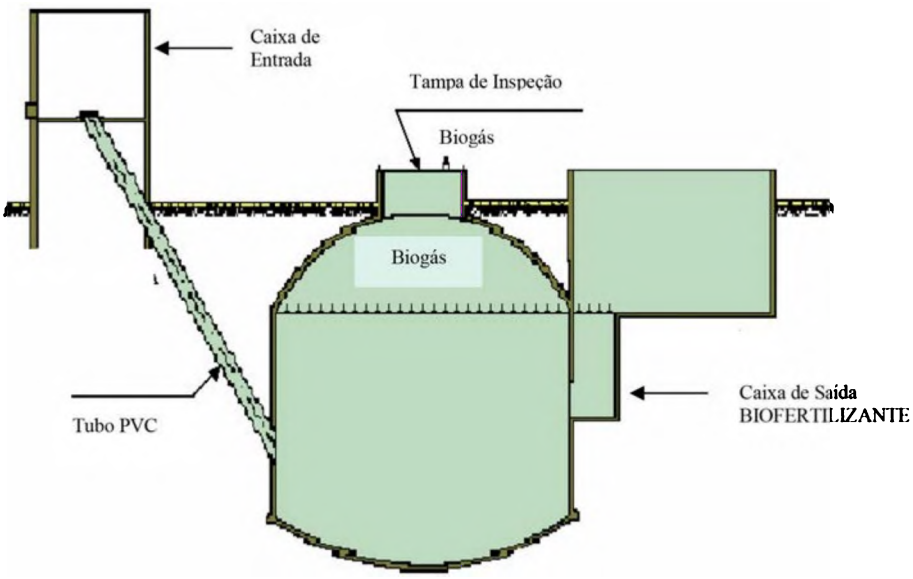
Digitized by Google

da é libertada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás e dessa forma desperdiçando o gás que poderia esta sendo utilizado para outros fins.

A figura 2.15 mostra a vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês. Na figura 2.16, a representação tridimensional mostra o interior do biodigestor.

Comparando o Modelo Indiano e Chinês, estes apresentam desempenho semelhante, principalmente quanto à carga que estes suportam. O substrato deve ser fornecido continuamente, com a concentração de ST (sólidos totais) em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material (DEGANUTTI *et. al.*, 2002).

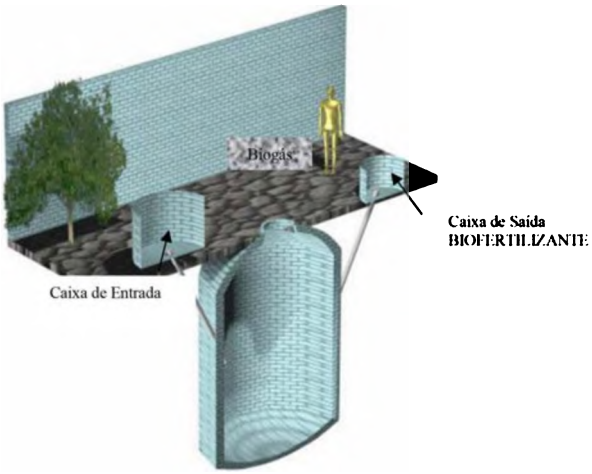
Figura 2.15 - Vista frontal do biodigestor Modelo Chinês.



Fonte: BENINCASA *et. al.*, (1990) *apud* PECORA (2006) adaptado.

Digitized by Google

Figura 2.16 - Representação tridimensional do biodigestor Modelo Chinês.



Fonte: DEGANUTTI *et. al.* (2002) adaptado.

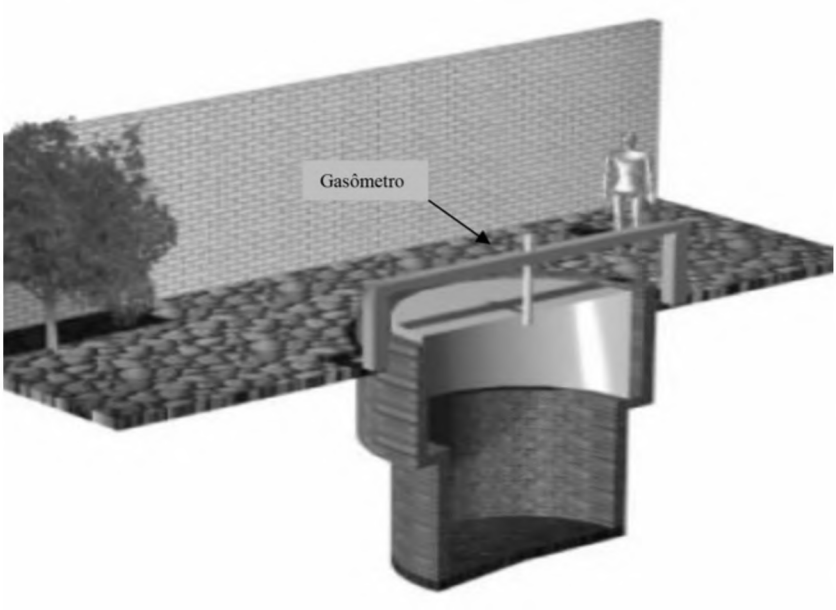
c) Modelo Batelada

O biodigestor Modelo Batelada é de simples instalação e de pouca exigência operacional. Neste, o abastecimento da biomassa ocorre em uma única vez, assim, adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja a biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão. É instalado um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série e sua fermentação ocorre por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás.

A figura 2.17 mostra a representação tridimensional em corte mostrando todo o interior do biodigestor.

Digitized by Google

Figura 2.17 - Representação tridimensional em corte do biodigestor Modelo Batelada.



Fonte: DEGANUTTI *et. al.* (2002) adaptado.

De modo geral a biodigestão permite produzir bioenergia (biogás), reduzindo as emissões de metano; e biofertilizantes, atuando no ciclo de minerais como o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre.

O biofertilizante é um dos produtos finais da fermentação de compostos orgânicos dentro do biodigestor. Esse produto é um composto bioativo de valor importante para a agricultura, e em geral possui alta concentração de nitrogênio e baixa concentração de carbono.

Uma das principais vantagens do uso de biofertilizantes na agricultura é o baixo custo, além da minimização dos problemas referentes à salinização do solo e desestruturação de suas partículas. Assim, além de trazer benefícios ambientais, gera valorização econômica.

Digitized by Google

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho utilizou-se os métodos descritivo, explicativo, exploratório, qualitativo e bibliográfico. Descritivo e explicativo porque se pretende descrever os fatos e a evolução do conceito de ecoeficiência, como um sistema que pode beneficiar o meio ambiente e pode ser utilizado em propriedades rurais. Exploratório uma vez que se deseja aumentar o conhecimento e familiarizar-se com os atributos de maior relevância para se desenvolver e aplicar os conceitos. Utilizou-se a pesquisa qualitativa, que se caracteriza por um espectro de métodos e técnicas, adaptada a necessidade de dados, fatos e conceitos para a construção de indicadores de ecoeficiência para a propriedade rural. Assim, o método deve se adequar ao objeto de estudo. O levantamento bibliográfico foi realizado em artigos, teses, dissertações, documentos em sites oficiais, direcionados para os principais assuntos abordados, tais como: ecoeficiência, indicadores, biomassa, energia na agricultura, tecnologias de aproveitamento da biomassa e outros.

Durante a pesquisa foi possível visitar duas propriedades rurais localizadas no Estado do Tocantins, sendo que uma se dedicava somente a atividade pecuária e a outra somente a atividade agricultura. Foi possível conhecer a dinâmica das propriedades e coletar alguns dados gerais, porem não o suficiente para uma simulação total com dados reais dos IERA's, construídos neste estudo.

Na parte de resultados e discussões deste trabalho foi realizado exemplos, um descritivo geral e dois outros numérico (simulação fictícia) da aplicação do $IERA_{ÁGUA}$ e $IERA_{ENERGIA.}$ Para a concretização do exemplo numérico utilizou-se parte dos dados coletados tanto na visita a propriedade agrícola como da pecuária, porém aglome-

Digitized by Google

rados como sendo de uma única propriedade agropecuária. Assim mesmo, eram insuficientes para a exemplificação total de qualquer um dos IERA's selecionados para servirem de exemplo, portanto foi necessário simular ou supor alguns dados baseando-se na literatura disponível em sites eletrônicos, livros e artigos científicos.

Espera-se com este trabalho de pesquisa contribuir para a disseminação do conceito da Ecoeficiência junto às propriedades rurais e às partes interessadas, estimulando o uso de indicadores que reflitam a aplicação do conceito, disponibilizando uma proposta de indicadores de ecoeficiência que possa fomentar o uso e a divulgação destes em relatórios ambientais.

3.1 Características das Propriedades Rurais

As propriedades rurais têm como principais características sua atuação na agricultura e na pecuária, podendo, também desenvolver atividades agroindustriais por meio de processamento de matérias-primas locais (CALLADO *et. al.* 2007). Estas podem se tornar empresas rurais a partir de investimentos, voltado ao aproveitamento das capacidades e recursos naturais disponíveis em seu território.

Pode se definir como empresas rurais aquelas que exploram a capacidade produtiva do solo por meio do cultivo da terra, da criação de animais e da transformação de determinados produtos agrícolas, podendo comportar três categorias diferentes de atividades: as atividades agrícolas, as atividades zootécnicas e as atividades agroindustriais (MARION, 2000).

Esse setor, em geral, tem suas atividades desenvolvidas de forma irregular durante o exercício. Nesse sentido, a administração rural tornou-se uma alternativa para identificação dos principais gargalos dentro dos sistemas produtivos, levantando informações que possam gerar intervenções a fim de aumentar a sua eficiência produtiva (CALLADO *et. al.* 2007).

Quando na propriedade rural cumpre-se a missão de susten-

Digitized by Google

tabilidade, percebe-se melhoria de qualidade de vida e do bem-estar social e econômico dos seus proprietários e daqueles que nela trabalham, bem como de suas famílias. Assim, Viegas (s/d, p.5) afirma que para tornar a propriedade rural socialmente justa, faz-se necessário atender aos seguintes requisitos:

a. Aproveitamento racional e adequado: É o aproveitamento que atinge os graus de utilização da terra e de eficiência na exploração especificados no artigo 6º da Lei nº 8.629, de 1993, preservando o meio ambiente e manejando adequadamente os solos.
b. Utilização adequada dos recursos naturais disponíveis: Quando a exploração se faz respeitando a vocação natural da terra, de modo a manter o potencial produtivo da propriedade.
c. Preservação do meio ambiente: Visa à manutenção das características próprias do meio natural e da qualidade dos recursos ambientais, na medida adequada à manutenção do equilíbrio ecológico da propriedade e da saúde e qualidade de vida das comunidades vizinhas.
d. Observação das disposições que regulam as relações de trabalho: Respeitar as leis trabalhistas, os contratos coletivos de trabalho e as disposições que disciplinam os contratos de arrendamento e parceria rurais.
e. Exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores rurais: Objetiva o atendimento das necessidades básicas dos que trabalham a terra, observa as normas de segurança do trabalho e não provoca conflitos e tensões sociais no imóvel. Entre as diversas ações que favorecem o desenvolvimento sustentável das propriedades rurais, a utilização de indicadores ecoeficiêntes se encaixa de forma a possibilitar a implantação e manutenção de um sistema de gestão eficaz.

A racionalização do uso de recursos naturais voltados para

Digitized by Google

propriedades rurais engloba questões relacionadas à:

1. Redução do uso de recursos hídricos: tratamento, reúso e fechamento de circuitos.
2. Redução do consumo de energia elétrica na produção de bens e prestação de serviços.
3. Substituição de combustíveis de origem fóssil (óleo diesel e gasolina) por fontes renováveis (biodiesel, etanol, energia hídrica, eólica ou solar).
4. Aumento da reciclagem interna e externa de materiais.
5. Utilização voluntária de tecnologias mais limpas: sistemas de prevenção, redução, controle e tratamento de resíduos, efluentes e emissões de poluentes.

3.2 Construção de Indicadores de Ecoeficiência para Propriedades Rurais

Os indicadores de ecoeficiência mundialmente conhecidos e já consagrados foram construídos pelos seguintes organismos:

1. WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development)* - Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável;
2. GRI (*Global Reporting Initiative)- - Iniciativa Global para Relatório, e*;
3. EEA (*European Environment Agency*)- Agência Europeia do Ambiente.

Tais indicadores foram elaborados para aplicação em empresas e no meio urbano e podem ser conhecidos em detalhe nos itens 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3 deste trabalho. Os indicadores de ecoeficiência rural / ambiental (IERA) foram desenvolvidos tendo como base os indicadores ambietais construídos pelos mesmos, sendo estes adaptados ao setor rural.

Digitized by Google

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capitulo foram abordados os critério elaborados a partir dos indicadores propostos tendo em vista que a ecoeficiência na agricultura pode ser obtida pela busca de maior produtividade possível com maior grau de preservação da natureza, abrangendo particularmente a preservação do solo, ar, água e energia.

4.1 Construção dos Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA)

Os indicadores ambientais são importantes ferramentas de medida, e permitem expressar os resultados relativos ao desempenho ambiental. Além destes, permite também acompanhar a evolução do setor rural na implementação de ações que levem efetivamente a melhorias no caminho da sustentabilidade (CARDOSO, 2004). Na construção dos indicadores propostos e desenvolvidos para este trabalho, foram tomados como base, os indicadores propostos pelos três órgãos especificados anteriormente: WBCSD, GRI e EEA, devido à seriedade e à relevância do aspecto ambiental para estes.

Os três órgãos especificados neste trabalho tratam dos indicadores ambientais, pois fornecem informações em relação ao desempenho em termos absolutos e relativos, e medem importantes aspectos da sustentabilidade. O primeiro, indicadores absolutos, demonstram informações desde escalas ou magnitude do uso dos recursos e do impacto sobre o meio ambiente, permitindo considerar o desempenho no contexto de grandes sistemas (GLOBAL, 2002). Do ponto de vista ecológico Kraemer (s/d) afirma que os indicadores absolutos são o enfoque principal, posto que representam o consumo de recursos por parte da empresa e sua emissão de substâncias

Digitized by Google

contaminantes, por exemplo, o consumo de energia em kilowatts/hora ou a quantidade de resíduos em toneladas. O segundo, indicadores relativos, demonstram a eficiência da organização e permite comparação entre diferentes empresas (GLOBAL, 2002). Para Kraemer (s/d), estes demonstram o comportamento ambiental de uma empresa em relação ao seu tamanho ou capacidade de produção.

Neste trabalho escolheu-se desenvolver indicadores de ecoeficiência rural / ambiental (IERA) que compreende os aspectos ambientais relacionados ao solo, energia, água, emissões atmosféricas e resíduos definidos como mostra a tabela 4.1. A partir dos indicadores desenvolvidos, foram formulados critérios relativos aos indicadores ecoeficiêntes, separados de acordo com as vertentes: Manejo do Solo; Recursos, onde estão inclusos energia e água e; Cargas Ambientais relacionadas às emissões e resíduos.

Tabela 4.1 - Proposta de Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA)

INDICADORES	DEFINIÇÃO
Solo ($IERA_{SOLO}$)	Porcentagem de solo destinado a uso agrícola. (Um dos maiores problemas ambientais relacionados ao solo é quanto ao uso de agrotóxicos. Substâncias químicas como: herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, bactericidas, vermífugos, hormônios e adubos químicos, usados na lavoura, pecuária e mesmo no ambiente doméstico tem causado vários problemas relacionados ao solo).
Água ($IERA_{ÁGUA}$)	Tipos de água e todos os pontos de consumo de água. Pode fazer-se uma distinção entre água potável e água bruta (água superficial, de manancial, lago, rio ou de chuva). Total de captação de água segmentada por fonte (fontes hídricas afetadas pela retirada da água), Água reciclada ou reutilizada.
Energia ($IERA_{ENERIA}$)	Proporcionam a informação necessária para o balanço energético da Propriedade Rural. Quanto mais energia elétrica produzir com insumo renovável local, mais sustentável será o processo de geração.
Emissões ($IERA_{EMISSÕES}$)	Quantidades absolutas de substâncias tóxicas emitidas pela atividade agrícola. Devido à variedade de emissão na atmosfera, os indicadores deveriam limitar-se nas substâncias mais relevantes: óxido de nitrogênio, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, partículas e compostos orgânicos voláteis.
Resíduos ($IERA_{RESÍDUOS}$)	Os indicadores de resíduos são de grande importância para a gestão do meio ambiente. A base para estabelecer indicadores de resíduos é a quantidade total de resíduos agrícolas, florestais e pecuários.

Digitized by Google

Para classificar os critérios de cada área, dentro das vertentes, foram determinados itens gerais que podem denotar a importância de cada critério estabelecido, como especificados nas tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

Tabela 4.2 - Critérios para Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA)- Manejo do Solo

VERTENTES	ÁREA	CRITÉRIOS	INDICADORES
MANEJO DO SOLO	SOLO	Compostagem	• Locais apropriados para compostagem. • % da área de implantação do sistema. • Quantidade de Matéria Orgânica no Solo / Permeabilidade / Lixiviação.
		Plantio Direto	
		Calagem	
		Rotação de Culturas	
		Preservação contra Erosão e Assoreamento	
		Quantidade de Fertilizantes Químicos	

Tabela 4.3 - Critérios para Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA)- Recursos

RECURSOS	ENERGIA	Compra de energia elétrica da Concessionária local de distribuição de energia elétrica.	• Consumo Energético Total = energia produzida por energias renováveis disponíveis na propriedade rural + energia produzida por combustível fósseis + energia comprada da rede da concessionária de distribuição de energia • % de energia produzida por fonte de energia fosseis • % de energia produzida pela utilização de sistemas renováveis locais.
		Produção de energia por Fontes Fósseis	
		Produção de energia elétrica por fontes renováveis e disponíveis dentro da propriedade rural: sol, vento, água, biomassa, resíduos, etc.	
	ÁGUA	Captação de Águas Pluviais ou Reutilização de Águas Residuais' para o sistema de Irrigação.	• Total de Água potável necessária= total de água para ser humano (beber cozinhar, Outros.) + água para o consumo de animais. • Opção por Vegetação que não necessite de irrigação constante / Instalação de sistema de irrigação eficiente • Redução do consumo • Instalação de Sistema Eficiente
		Total de água potável comprada da Concessionária.	
		Água para Irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural	

Digitized by Google

Tabela 4.4 - Critérios para Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA)- Cargas Ambientais

VERTENTES	ÁREA	CRITÉRIOS	INDICADORES
CARGAS AMBIENTAIS	EMISSÕES (Redução de Emissão de gases Atmosféricos causadores do Efeito Estufa)	Controle de queimadas	• Quantidade de dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2), provenientes da queima de combustíveis fósseis, mudança no uso do solo, desmatamento, perda de material biológico do solo e queimadas. • Quantidade de Metano (CH4) e Óxido Nitroso (N_2O), produzido especialmente pelo setor agrícola. Cultivo de arroz inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queima de biomassa, fertilizantes, conversão do uso da terra, outros. • Clorofluor-carbonetos (CFCs) Refrigeradores, aerossóis, processos industriais, outros.
		Controle do Desmatamento	
		Manejo do Solo	
		Manejo de Pastagens	
		Queima de Combustíveis de origem fósseis	
	RESÍDUOS	Aproveitamento de Resíduos Agrícolas	• A quantificação dos resíduos rurais é expressa pela relação percentual entre a quantidade total de biomassa gerada por hectare plantado de uma determinada cultura e a quantidade de produto aproveitável. • Gestão e disposição final dos resíduos. • Resíduos provenientes das Atividades de Extração de Madeiras. • Quantidade de resíduos reaproveitáveis • Resíduos da pecuária são constituídos por estercos e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino e outros.
		Aproveitamento de Resíduos Florestais	
		Aproveitamento de Resíduos Pecuários	
		Resíduos Descartados ou não Aproveitados	

Após o estabelecimento de critérios para os indicadores desenvolvidos neste trabalho, foram formulados modelos matemáticos que atendam as exigências das propriedades rurais.

4.2 Representação Matemática dos IERA

As representações matemáticas são ferramentas utilizadas em diversas áreas para auxiliar no processo de tomadas de decisões,

Digitized by Google

uma vez que aproxima a situação real do problema em questão. Estes são considerados representações ou interpretações simplificadas da realidade.

Para construção das equações matemáticas dos indicadores desenvolvidos neste trabalho, fez-se necessária a definição e fixação dos critérios básicos para todos os modelos ou para cada um, em individual para determinação da ecoeficiência.

Utilizou-se como parâmetro base dos indicadores a produtividade absoluta total, que será representada por PT. Esta foi calculada utilizando os dados da produção física total dividida pela área.

$$PT = \frac{\textit{Produção total}}{\text{Área Total}} \qquad \textbf{Equação 4.1}$$

Assim, nos itens de 1 a 5 a seguir, buscou-se traduzir para equações matemáticas as condições e limites de cada indicador em relação à ecoeficiência descrita anteriormente.

4.2.1 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao Solo- $IERA_{SOLO}$

Os indicadores ambientais relacionados ao solo foram nomeados pela variável **X**. Assim, os critérios utilizados para avaliação desse indicador são enumerados na tabela 4.5 e apresentados em ordem crescente como sendo: Compostagem ($\mathbf{X}_1$), Plantio Direto ($\mathbf{X}_2$), Calagem ($\mathbf{X}_3$), Rotação de Culturas ($\mathbf{X}_4$) e Preservação contra Erosão e Assoreamento ($\mathbf{X}_5$) e Quantidade de Fertilizantes Químicos ($\mathbf{X}_6$).

Para verificação da sustentabilidade do indicador relacionado ao solo foram estabelecidos critérios de avaliação com base na Quantidade de Fertilizantes Químicos aplicado no solo ($\mathbf{X}_6$).

Digitized by Google

Assim, para o sistema de indicador sustentável para o solo, determina-se a intensidade de eficiência do sistema de manejo do solo segundo metodologia aplicada por ALBÉ (2002) adaptado e apresentado na tabela 4.6.

Tabela 4.5 - Representação Matemática do $IERA_{SOLO}$

INDICADOR	VARIÁVEL	CRITÉRIOS	FÓRMULA
SOLO	Xn	Compostagem X_1	$\text{Manejo do Solo} = \sum_{n=1}^{6} X_n$
		Plantio Direto X_2	
		Calagem X_3	
		Rotação de Culturas X_4	
		Preservação contra Erosão e Assoreamento X_5	$IERA_{SOLO} = \frac{\sum_{n=1}^{5} X_n - X_6}{PT}$
		Quantidade de Fertilizantes Químicos X_6	

O nível de intensidade da sustentabilidade de ecoeficiência para o indicador construído está representado pelas condicionalidades do $IERA_{SOLO3}$ que representa a sustentabilidade forte, o $IERA_{SOLO2}$ representa um nível médio e $IERA_{SOLO1}$ representa o nível fraco, como pode se verificar na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Classificação e intensidade de eficiência dos indicadores para o solo

ATRIBUTO	IDENTIFICAÇÃO	INTENSIDADE DA ECOEFICIENCIA
FORTE	$IERA_{SOLO3}$	$\sum_{n=1}^{5} X_n > 60\ \%$ de (X_6)
MÉDIO	$IERA_{SOLO2}$	$40\ \%$ de (X_6) $\geq \sum_{n=1}^{5} X_n \leq 60\ \%$ de (X_6)
FRACO	$IERA_{SOLO1}$	$\sum_{n=1}^{5} X_n < 40\%$ de (X_6)

Fonte: ALBÉ (2002) adaptado.

4.2.2 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado à Energia- $IERA_{ENERGIA}$

O indicador relacionado à energia está inserido na vertente denominada de recursos e foi representado neste trabalho pela va-

Digitized by Google

riável **Y**. Os critérios de avaliação para este indicador foram classificados na tabela 4.7 em ordem crescente e denominados da seguinte forma: Compra de energia elétrica da Concessionária local de distribuição ($\mathbf{Y}_1$), Produção de energia por Fontes Fósseis ($\mathbf{Y}_2$), Produção de energia por fontes renováveis e disponíveis dentro da propriedade rural e investimentos em Eficiência Energética ($\mathbf{Y}_3$): sol ($\mathbf{Y}_{3SOL}$), vento ($\mathbf{Y}_{3EÓLICA}$), água ($\mathbf{Y}_{3ÁGUA}$), biomassa ($\mathbf{Y}_{3BIOMASSA}$), resíduos ($\mathbf{Y}_{3RESÍDUOS}$), outras ($\mathbf{Y}_{3OUTRAS}$).

Tabela 4.7 - Representação Matemática do $IERA_{ENERGIA}$

INDICADOR	VARIÁVEL	CRITÉRIOS	FÓRMULA
ENERGIA	Yn	Compra de energia elétrica da Concessionária local de distribuição de energia elétrica. (Y_1)	$\text{Total de Energia} = \sum_{n=1}^{3} Y_n$
		Produção de energia elétrica por Fontes Fósseis (Y_2)	
		Produção de energia elétrica por fontes renováveis e disponíveis dentro da propriedade rural + investimentos em Eficiência Energética (Y_3): sol (Y_{3SOL}), vento ($Y_{3EÓLICA}$), água ($Y_{3ÁGUA}$), biomassa ($Y_{3BIOMASSA}$), resíduos ($Y_{3RESÍDUOS}$), outras ($Y_{3OUTRAS}$).	$IERA_{ENERGIA} = \frac{(Y_1 + Y_2) - Y_3}{PT}$

A constatação da sustentabilidade do recurso **Y** foi construída a partir da energia renovável ($\mathbf{Y}_3$) produzida na propriedade com insumos, matéria-prima ou recursos naturais próprios. Portanto, quanto maior o uso de $\mathbf{Y}_3$, em porcentagem, dentro do $IERA_{ENERGIA}$ em relação à quantidade de energia comprada da concessionária de distribuição de energia ($\mathbf{Y}_1$) e de energia fósseis (Y_2) utilizada, o sistema energético será mais sustentável e terá uma ecoeficiência mais forte, conforme mostra a tabela 4.8. Para construir os parâmetros numéricos da intensidade de eficiência da utilização de fontes renováveis, utilizou-se a metodologia aplicada por ALBÉ (2002) adaptado. A identificação $IERA_{ENERGIA\ 1,\ 2\ e\ 3}$ é a forma de

Digitized by Google

demonstrar o nível de intensidade da sustentabilidade de ecoeficiência no indicador analisado. Assim, o $IER_{AENERGIA3}$ representa a sustentabilidade forte, o $IERA_{ENERGIA2}$ um nível médio e $IERA_{ENERGIA1}$ o nível fraco.

Tabela 4.8 - Classificação e intensidade de eficiência dos indicadores para energia

ATRIBUTO	IDENTIFICAÇÃO	INTENSIDADE DA EFICIÊNCIA
FORTE	$IERA_{ENERGIA3}$	$(Y_3) > 60\%$ de $(Y_1 + Y_2)$
MÉDIO	$IERA_{ENERGIA2}$	40% de $(Y_1 + Y_2) \geq (Y_3) \leq 60\%$ de $(Y_1 + Y_2)$
FRACO	$IERA_{ENERGIA1}$	$(Y_3) \leq 40\%$ de $(Y_1 + Y_2)$

Fonte: ALBÉ (2002) adaptado.

4.2.3 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado ao consumo de Água- $IERA_{ÁGUA}$

Os indicadores de ecoeficiência relacionados aos recursos englobam ainda o consumo de água na propriedade rural. Estes foram rotulados neste trabalho pela variável **Z.** Os critérios estabelecidos para analise desse indicador (tabela 4.9) foram: Total de água potável comprada da Concessionária ($\mathbf{Z_1}$), foi dividido em duas partes, a primeira denominada de $\mathbf{Z_{1a}}$ onde representa o consumo essencial de água potável em uma propriedade rural, isto é, a utilização para consumo humano, para cozinhar e outras tarefas que precisam de água potável e água para consumo dos animais; e segunda parte denominada de $\mathbf{Z_{1b}}$ que é o valor consumido de água potável não essencial, utilizada para irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural. A captação de águas pluviais ou reutilização de águas residuais será representada por $\mathbf{Z_2}$. Água para irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural ($\mathbf{Z_3}$).

Digitized by Google

Tabela 4.9 - Representação Matemática do $IERA_{ÁGUA}$

INDICADOR	VARIÁVEL	CRITÉRIOS	FÓRMULA
ÁGUA	Zn	Total de água potável comprada da Concessionária (Z_1), {consumo essencial de água potável em uma propriedade rural (Z_{1a}); e, valor consumido de água potável não essencial (Z_{1b})}	$\text{Total de Consumo de Água} = \sum_{n=1}^{3} Z_n$
		Captação de Águas Pluviais ou Reutilização de Águas Residuais (Z_2)	$IERA_{ÁGUA} = \frac{(Z_1 + Z_2) - (Z_{1b} + Z_3)}{PT}$
		Água para irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural (Z_3)	

Para determinação da sustentabilidade, considerou-se a quantidade de água utilizada advinda da captação de águas pluviais ou reutilização de águas residuais (Z_2), em relação à quantidade de água comprada da concessionária e seus usos não essenciais e a água necessária para irrigação e serviços de limpezas. Assim, para construir o parâmetro de sustentabilidade do sistema **Z**, utilizou-se a intensidade de eficiência de consumo de água, segundo metodologia aplicada por ALBÉ (2002) adaptado e apresentado na tabela 4.10. A identificação $IERA_{ÁGUA}$ 1, 2 e 3 é a forma de demonstrar o nível de intensidade da sustentabilidade de ecoeficiência no indicador analisado. Assim, o $IERA_{ÁGUA3}$ representa a sustentabilidade forte, o $IERA_{ÁGUA2}$ o médio e $IERA_{ÁGUA1}$ o nível fraco.

Tabela 4.10 - Classificação e intensidade de eficiência dos indicadores para água

ATRIBUTO	IDENTIFICAÇÃO	INTENSIDADE DA EFICIÊNCIA
FORTE	$IERA_{ÁGUA3}$	$[(Z_{1b} + Z_3) - Z_2] < 60\%$ de Z_1
MÉDIO	$IERA_{ÁGUA2}$	40% de $Z_1 \geq [(Z_{1b} + Z_3) - Z_2] \leq 60\%$ de Z_1
FRACO	$IERA_{ÁGUA1}$	$[(Z_{1b} + Z_3) - Z_2] > 40\%$ de Z_1

Fonte: ALBÉ (2002) adaptado.

Digitized by Google

4.2.4 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado às Emissões- $IERA_{EMISSÕES}$

Os indicadores de ecoeficiência relacionados às cargas ambientais envolvem diretamente os aspectos de meio ambiente, focado nas emissões atmosféricas provenientes das atividades agrícolas e pecuárias.

Para o $IERA_{EMISSÕES,}$ descriminado pela variável **E,** levou-se em consideração, para formulação dos indicadores (tabela 4.11) os seguintes critérios: Controle de Queimadas (E_1), Controle do Desmatamento (E_2), Manejo do Solo (E_3), Manejo de Pastagens (E_4) e Queima de Combustíveis de origem fósseis (E_5).

Tabela 4.11 - Representação Matemática do $IERA_{EMISSÕES}$

INDICADOR	VARIÁVEL	CRITÉRIOS	FÓRMULA
EMISSÕES	En	Controle de Queimadas (E_1)	$Total\ de\ Emissões = \sum_{n=1}^{5} E_n$
		Controle do Desmatamento (E_2)	
		Manejo do Solo (E_3)	
		Manejo de Pastagens (E_4)	$IERA_{EMISSÕES} = \frac{\sum_{n=1}^{4} E_n - E_5}{PT}$
		Queima de Combustíveis de origem fósseis (E_5)	

Para determinação da sustentabilidade pela percepção das emissões atmosféricas utilizou-se como base a quantificação da queima de combustíveis derivados de fontes fósseis (E_5), assumindo a intensidade de eficiência como mostra a tabela 4.12. Assim, para a verificação do sistema de indicador sustentável para emissões, utilizou-se a intensidade de eficiência do sistema de controle de emissões segundo metodologia aplicada por ALBÉ (2002) adaptado. A identificação $IERA_{EMISSÕES\ 1,\ 2\ e\ 3}$ é a forma de demonstrar o nível de intensidade da sustentabilidade de ecoeficiência no

Digitized by Google

indicador analisado. Assim, o $IERA_{EMISSÕES3}$ representa a sustentabilidade nível forte, o $IERA_{EMISSÕES2}$ o médio e $IERA_{EMISSÕES1}$ O nível fraco.

Tabela 4.12 - Classificação e intensidade de eficiência dos indicadores para emissões

ATRIBUTO	IDENTIFICAÇÃO	INTENSIDADE DA EFICIÊNCIA
FORTE	$IERA_{EMISSÕES\ 3}$	$\sum_{n=1}^{4} E_n$ > 60% de (E_5)
MÉDIO	$IERA_{EMISSÕES\ 2}$	40 % de (E_5) ≥ $\sum_{n=1}^{4} E_n$ ≤ 60 % de (E_5)
FRACO	$IERA_{EMISSÕES\ 1}$	$\sum_{n=1}^{4} E_n$ < 40 % de (E_5)

Fonte: ALBÉ (2002) adaptado.

4.2.5 Indicador de Ecoeficiência Rural / Ambiental relacionado à produção de Resíduos- $IERA_{RESÍDUOS}$

Para o $IERA_{RESÍDUOS,}$ denominado neste trabalho pela variável **R**, tomou-se por base os critérios (tabela 4.13) relacionados ao Aproveitamento de Resíduos Agrícolas ($\mathbf{R}_1$), Aproveitamento de Resíduos Florestais ($\mathbf{R}_{2)}$ e Aproveitamento de Resíduos Pecuários ($\mathbf{R}_3$) e Resíduos Descartados ou não aproveitados ($\mathbf{R}_4$).

Tabela 4.13 – Representação Matemática do $IERA_{RESÍDUOS}$

INDICADOR	VARIÁVEL	CRITÉRIOS	FÓRMULA
RESÍDUOS	Rn	Aproveitamento de Resíduos Agrícolas (R_1)	$\text{Total de Resíduos} = \sum_{n=1}^{4} R_n$
		Aproveitamento de Resíduos Florestais (R_2)	
		Aproveitamento de Resíduos Pecuários (R_3)	$IERA_{RESÍDUOS} = \frac{\sum_{n=1}^{3} R_n - R_4}{PT}$
		Resíduos Descartados ou não Aproveitados (R_4)	

Para este indicador, a sustentabilidade da propriedade rural quanto à quantificação dos resíduos terá como critério de avaliação a quantidade de Resíduos Descartados ou não Aproveitados ($\mathbf{R}_4$).

Digitized by Google

Assim a determinação da intensidade de eficiência será determinada como mostra a tabela 4.14. Para o sistema de indicador sustentável para resíduos, determina-se a intensidade de eficiência de aproveitamento de resíduos segundo metodologia aplicada por ALBÉ (2002) adaptado. O nível de intensidade da sustentabilidade de ecoeficiência para o indicador construído está representado pelas condicionalidades do $IERA_{RESÍDUOS3}$ que representa a sustentabilidade forte, o $IERA_{RESÍDUOS2}$ um nível médio e $IERA_{RESÍDUOS1}$ o nível fraco.

Tabela 4.14 - Classificação e intensidade de eficiência dos indicadores para resíduos

ATRIBUTO	IDENTIFICAÇÃO	INTENSIDADE DA EFICIÊNCIA
FORTE	$IERA_{RESÍDUOS3}$	$\sum_{n=1}^{3} R_n$ > 60% de (R_4)
MÉDIO	$IERA_{RESÍDUOS2}$	40 % de (R_4) ≥ $\sum_{n=1}^{3} R_n$ ≤ 60 % de (R_4)
FRACO	$IERA_{RESÍDUOS1}$	$\sum_{n=1}^{3} R_n$ < 40 % de (R_4)

Fonte: ALBÉ (2002) adaptado.

4.3 Intensidade da Sustentabilidade do Indicador de Ecoeficiência

A sustentabilidade em todos os setores esta ligada a capacitação, quantificação e o uso eficiente dos recursos naturais. No setor rural esta caracterização não é diferente, ou seja, utiliza o conceito de produzir mais utilizando menos recursos ou mesmo renovando os recursos utilizados e envolvendo as diversas áreas como a social, econômica e ambiental.

Os indicadores de sustentabilidade neste trabalho foram determinados com o objetivo de identificar a intensidade da ecoeficiência nas diversas áreas que envolvem as atividades rurais: solo, energia, água, emissões e resíduos. Para tal, a formulação matemática que determina a intensidade de sustentabilidade do indicador de ecoeficiência (tabela 4.15) foi elaborado e definido para cada indicador.

Digitized by Google

Tabela 4.15 - Intensidade da Sustentabilidade do indicador de Ecoeficiência

INDICADOR	FÓRMULA
Indicador de sustentabilidade quanto ao uso do Solo **ISS**	$\text{ISS} = X_6 < \sum_{X=1}^{5} \text{X}$
Indicador de sustentabilidade quanto ao uso da Energia **ISE**	$\text{ISE} = Y_3 \geq (Y_1 + Y_2)$
Indicador de sustentabilidade quanto ao uso da Água **ISA**	$\text{ISA} = [(Z_{1b} + Z_3) - Z_2] \leq Z_1$
Indicador de sustentabilidade quanto às emissões de GEE **ISEM**	$\text{ISEM} = E_5 < \sum_{E=1}^{4} \text{E}$
Indicador de sustentabilidade quanto ao aproveitamento dos Resíduos **ISR**	$\text{ISR} = R_4 < \sum_{R=1}^{3} \text{R}$

Costa (1993) afirma que a busca por maior eficiência dos sistemas de produção agrícola deve ser compatível e coerente com cada realidade. Faz-se necessário a determinação do IERA para uma utilização mais eficaz dos recursos naturais. Altiere (2000) acrescenta que os sistemas de produção que utilizam a ecoeficiência como base para funcionamento, devem:

- Reduzir o uso de energia e recursos e regular a entrada total de energia de modo que a relação entre saídas e entradas seja alta;
- Reduzir as perdas de nutrientes detendo a lixiviação, o escorrimento e a erosão, e melhorando a reciclagem de nutrientes com o uso de leguminosas, adubação orgânica e compostos e outros mecanismos eficientes de reciclagem;
- Incentivar a produção local de cultivos adaptados ao meio natural e socioeconômico;
- Sustentar um excedente líquido desejável, preservando os

Digitized by Google

recursos naturais, isto é, minimizando a degradação do solo;

- Reduzir custos e aumentar a eficiência e a viabilidade econômica das pequenas e médias unidades de produção agrícola ALTIERI (2000).

Para o manejo e uso do solo as equações matemáticas representam a intensidade de utilização consciente desse recurso de modo que o parâmetro que pode ser considerado fixo para contrapor aos outros é o da quantidade de fertilizantes químicos (X_6). Partiu-se do princípio que a sustentabilidade forte está relacionada com a substituição de fertilizantes químicos por práticas de uso de fertilizantes naturais ou de manejo ecologicamente mais sustentável.

A determinação da intensidade de ecoeficiência relacionado ao consumo de energia poderá levar o produtor rural a implementar em suas práticas o consumo eficiente e a transição para uma produção de energia por fontes renováveis e ainda, buscar maiores investimentos em eficiência energética. Assim, para aumentar as condições de $\mathbf{Y_3}$, que é o que representa as fontes renováveis como base para definir a intensidade da sustentabilidade, o produtor deverá observar as formas de utilizar as fontes renováveis para geração de energia dentro da propriedade rural e assim levar em consideração: a quantidade de água disponível na propriedade ($\mathbf{Y_{3ÁGUA}}$), fatores como radiação solar ($\mathbf{Y_{3SOL}}$) e estabilidade do vento ($\mathbf{Y_{3EÓLICA}}$), a disposição do lixo ou resíduos ($\mathbf{Y_{3RESÍDUOS}}$), a quantidade de biomassa resultante das atividades ($\mathbf{Y_{3BIOMASSA}}$) dentre outras ($\mathbf{Y_{3OUTRAS}}$).

A intensidade do indicador relacionado ao consumo da água (ISA) deverá levar em consideração a captação de águas de chuva como garantia de continuidade das atividades agropecuárias na propriedade rural. Assim, dependendo da intensidade desse indicador o produtor poderá diminuir os custos provenientes da compra de água na concessionária.

O indicador relacionado às emissões atmosféricas provenien-

Digitized by Google

te das atividades rurais (ISEM) tenderá a um valor satisfatório quando o produtor rural passar a substituir os combustíveis de origem fósseis por renováveis. O ISEM envolve a redução de emissões de GEE com práticas ecoeficiêntes que além de promover um desenvolvimento sustentável aumentará capacidade econômica do produtor rural.

Por fim o indicador de sustentabilidade quanto ao aproveitamento de resíduos (ISR) leva em consideração a energia gerada por meio do aproveitamento da biomassa e aufere ao produtor rural, quando este é de intensidade forte ou média, melhores condições ambientais, sociais e econômicas.

Esses indicadores de intensidade da sustentabilidade é um resumo dos indicadores de ecoeficiência e para ser alcançados essas metas dependem de um gerenciamento adequado dos insumos na propriedade rural e diretrizes de tomada de decisão em relação ao solo, energia, água, resíduos e emissões atmosféricas desenvolvidos ao longo deste trabalho.

4.4 Importância da Utilização dos Indicadores de Ecoeficiência na Propriedade Rural

Os indicadores de ecoeficiência para a propriedade rural têm como principal objetivo servir de ferramenta de comando e controle, em relação a sustentabilidade do negócio, para o agricultor ou pecuarista. Este se torna importante nas tomadas de decisões em relação ao manejo e uso do solo, da energia, da água e dos resíduos sólidos. Os mesmos possibilitam uma gestão integrada destes insumos e seu uso eficiente.

4.4.1 Indicadores de impacto ambiental para o solo

O solo é considerado o responsável pelo suporte básico à vida

Digitized by Google

no planeta. Ele tem, dentre suas diversas funções, a de servir de base de sustentação para as plantas, e de maneira direta ou indireta restaurar os ecossistemas. Assim, nas propriedades rurais o solo é um fator essencial que determina a intensidade da produtividade agrícola. Algumas formas de uso do solo em atividades agropecuárias podem levar à degradação desse recurso natural, além de gerar gastos muitas vezes desnecessários (MANZATTO *et. al.*, 2002). As formas inadequadas de uso de solo estão intimamente relacionadas ao excesso na aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, as máquinas pesadas no preparo do solo, falta de informação do produtor rural, dentre outras.

Neste contexto, a incorporação de práticas ecoeficiêntes é de fundamental importância, podendo viabilizar uma produção sem perdas na sua capacidade produtiva e reduzir os impactos ambientais negativos provenientes das atividades agrícolas.

Para que esteja dentro do escopo da ecoeficiência o solo deve, dentre outras ações, ser analisado em relação as suas características físicas, químicas e físico-químicas, assim como o teor de matéria orgânica. Porque estas estão relacionadas com a textura, estrutura e porosidade das partículas e, influenciam diretamente na capacidade de armazenamento de água e nutrientes, mobilidade de íons na fase liquida e lixiviação ou arrastamento dos nutrientes e fertilizantes.

As analises e avaliações em laboratório com amostras de solo podem quantificar a necessidade de maior número de parcelas das adubações nitrogenadas e/ou potássicas, determinar a dose de adubação fosfatada corretiva, quando necessário, avaliar a capacidade de armazenagem de água, mostrar a deficiência de micronutrientes, entre outros (LOPES E GUILHERME, 2000). Este tipo de analise traz ao produtor rural o conhecimento das propriedades do solo, bem como recomendações necessárias para correção de nutrientes que o solo esta com deficiência, por exemplo, nitrogênio, potássio ou calcário.

Digitized by Google

O conhecimento das características químicas do solo é de fundamental importância para se conhecer as doses, necessárias, de uso de corretivos agrícolas. Já o conhecimento das características físico-químicas do solo englobam a avaliação da capacidade de troca de cátions (CTC) e o Potencial Hidrogênico do solo (pH). Lopes e Guilherme (2000) definem a CTC como sendo um dos parâmetros que indica a quantidade de cátions que o solo é capaz de reter para neutralizar as cargas negativas de uma unidade de solo, e o pH como um índice que indica o grau de acidez do solo, no qual implica na disponibilidade dos nutrientes e sua assimilação pelas plantas.

Segundo Lopes e Guilherme (2000) a determinação do teor de matéria orgânica é uma prática que melhora as características físicas, físico-químicas e biológicas dos solos cultivados e, com isso:

a. Melhora a estrutura do solo aumentando a capacidade de retenção de água;
b. Aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC);
c. Libera fósforo, nitrogênio, enxofre e água;
d. Melhora a capacidade tampão do solo;
e. Reduz a toxidez de pesticidas e outras substâncias;
f. Favorece o controle biológico pela maior e mais ativa população microbiana;
g. Redução de perdas por erosão;
h. Crescimento das plantas.

Estas características estão diretamente relacionadas com os fatores que determinam a intensidade do $IERA_{SOLO,}$ tendo como fatores principais: 1) Compostagem; 2) Plantio Direto; 3) Calagem; 4) Rotação de Culturas, 5) Erosão e Assoreamento; 6) Quantidade de Fertilizantes Químicos. Estes fatores devem ser analisados dentro da propriedade rural como instrumentos de sustentabilidades.

As equações matemáticas formuladas para representar as condições para ecoeficiência no manejo e uso do solo foram:

Digitized by Google

$$\text{Manejo do Solo} = \sum_{n=1}^{6} \text{Xn} \qquad IERA_{SOLO} = \frac{\sum_{n=1}^{5} \text{Xn} - X_6}{\text{PT}}$$

Os itens listados formam o conjunto de indicadores de manejo do solo para os produtores rurais. Porém, a conscientização em relação ao meio ambiente faz a diferença entre o que tende a ecoeficiência em relação aos outros. Alguns fatores são essenciais para que seja alcançado a ecoeficiência em relação ao uso e manejo do solo, por exemplo: qualificação do agricultor, gerenciamento e treinamento de mão de obra, boa drenagem de solos, eliminação de áreas compactadas, nivelamento do terreno, correções de acidez do solo dentre outras.

Dentro do conjunto de técnicas incluída no $IERA_{SOLO}$, determinou-se que quanto mais se utilizar práticas e insumos naturais disponíveis nas propriedades rurais, mas forte é sua sustentabilidade.

A calagem (X_3), entende-se que é um tratamento do solo com produtos não naturais, porém foi considerado como sendo importante e necessária a ecoeficiência. Este é um método de corrigir solos com falta de nutrientes e acidez, que em sua maioria não foi provocado pelo homem, sendo assim para esses solos, a não aplicação do calcário pode inviabilizar seu uso de forma economicamente viável. Sendo que calagem é o método de aplicação de calcário na superfície do solo e tem como objetivos eliminar a acidez do solo e fornecer suprimento de cálcio e magnésio para as plantas, contribuindo para o aumento da eficiência dos adubos e consequentemente, da produtividade e da rentabilidade agropecuária (LOPES *et. al.* 1991). Esta prática de acordo com Santiago e Rossetto (2007) apresenta algumas vantagens, tais como:

- Aumenta a disponibilidade de fósforo
- Aumenta a mineralização da matéria orgânica com con-

Digitized by Google

sequente maior disponibilidade de nutrientes

- Favorecer a fixação biológica de nitrogênio
- Aumenta a agregação das partículas

A técnica de compostagem (X_1) é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais liberando dióxido de carbono e vapor de água (OLIVEIRA *et. al.* 2008). A quantidade de resíduos produzidos pela agricultura e pecuária provocam prejuízos e problemas de poluição. Porém, segundo OLIVEIRA *et. al.* (2004) quando manipulados adequadamente, podem suprir os sistemas agrícolas e parte da demanda de insumos sem afetar os recursos: solo, ar e água. Podem-se listar como seus principais benefícios, os seguintes itens:

- Fornece elementos nutritivos ao solo;
- Melhora o nível de aproveitamento dos adubos minerais;
- Melhora a estrutura do solo;
- Aumenta a atividade microbiana no solo;
- Elevação da CTC;
- Redução da toxidez por pesticidas e de outras.

A compostagem, através de um processamento simples, pode ser efetuada dentro do próprio local onde será incorporada ao solo. Porém, alguns cuidados de manuseio devem ser levados em consideração como, por exemplo, a quantidade de água (umidade) que será misturada a matéria, limpeza e inclinação do local para facilitar o escoamento das águas de chuvas, temperatura, preparo das pilhas e armazenamento. Outro aspecto importante é o tamanho das partículas dos resíduos, estas não devem ser muito pequenas porque afetam a compactação durante o processo de compostagem, podendo dificultar a percolação da água. A compostagem é uma técnica que poderá ser substituída gradativamente pelo uso de fertilizante químico que por outro lado é produzido por sínteses através de nitrogênio do ar onde se emprega uma grande quantidade de energia fóssil,

Digitized by Google

por exemplo, o petróleo. Quando a compostagem substitui o uso de fertilizantes químicos, o produtor rural estará contribuindo para a sustentabilidade da propriedade e tornando seu processo mais ecoeficiênte, visto que esta prática não polui o meio ambiente (ar, água e solo) e aproveita os resíduos provenientes das atividades rurais, não necessitando de local para despejo.

O plantio direto ($\mathbf{X}_2$) é uma técnica de cultivo que tem por objetivo conservar e manter o solo coberto por plantas e resíduos vegetais, com a finalidade de protegê-lo do impacto das gotas da chuva, do escoamento superficial e da erosão hídrica e eólica (EMBRAPA, 2006). Nesse processo tem-se como principais benefícios:

- Eliminação ou redução das operações de preparo e revolvimento do solo;
- Protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação;
- Dificulta o escorrimento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água da chuva;
- Protege a superfície do solo da ação direta dos raios solares;
- Aumenta a quantidade de matéria orgânica no perfil do solo;
- Ajuda no controle de plantas daninhas.

Esta técnica é considerada a base para a fertilidade do solo e, o seu sucesso depende da formação continua de cobertura viva ou morta que seja capaz de minimizar o processo erosivo, que leve a uma maior retenção de água no solo e que promova uma maior disponibilização de nutrientes. Pode ser utilizada independente do tamanho da propriedade ou mesmo de sua produtividade.

A rotação de culturas é uma técnica agrícola que consiste em alternar, de forma regular, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. Deve-se considerar preferencialmente plantas comerciais e, espécies que produzam grande quantidade de biomassa e de rápido desenvolvimento (EMBRAPA, 2004). Exige o planejamento do uso do solo, onde deve ser levada em consideração a aptidão

Digitized by Google

agrícola de cada gleba. Pode se obter como benefício de tal prática:

- Proporciona a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas;
- Melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo;
- Auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas;
- Repõe a matéria orgânica do solo e protege contra fatores como: ar, solo e água.

Esta técnica quando aplicada de maneira correta tende a aumentar a produtividade e maximizar os lucros produtivos, além de minimizar os impactos ambientais dos tratos culturais referente a elas.

O planejamento da rotação de culturas deve considerar, preferencialmente, plantas comerciais e, sempre que possível, associar espécies que produzam grandes quantidades de biomassa e de rápido desenvolvimento, cultivadas isoladamente ou em consórcio com culturas comerciais (EMBRAPA, 2004). Assim, a escolha da espécie deve basear-se na diversidade local, espécies que produzam muita massa verde, na economia local e no meio ambiente.

Outro aspecto importante a ser discutido dentro do $IERA_{SOLO}$ é a erosão. A erosão é o processo de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, de queimadas, do gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem (CAMAPUM *et. al.*, 2006). Assim, as partículas do solo se desagregam e se deslocam do seu local de origem.

O assoreamento por sua vez, é um fenômeno decorrente do processo erosivo, no qual ocorre à sedimentação acelerada das partículas do solo devido aos processos de ocupação do espaço geográfico pelo homem, com suas atividades decorrentes do desmatamento, pecuária, agricultura e urbanismo. Como resultado deste processo pode-se listar os seguintes:

- Encobrir partes do terreno que sejam férteis;
- Diminuição da fauna e flora dos rios e lagos;
- Turbidez nas águas;

Digitized by Google

- Arraste de biocidas e adubos para os rios ou lagos;
- Diminuição do volume de água;
- Instabilidade nas partes mais elevadas do terreno.

Para Camapum *et. al.* (2006) são muitas as ações que podem ser empregadas como uma medida de controle de uma erosão, como por exemplo:

- Preventivas: visam evitar que um determinado agente se instale e de inicio ao processo erosivo, as medidas preventivas são ações que tentaram minimizar o processo;
- Corretivas: englobam o conjunto de ações que são executadas após uma erosão já estar instalada. Visam remediar os danos causados ou tentar interromper a sua evolução. As medidas corretivas podem, portanto serem divididas em;
- De estabilização;
- De recuperação.

Ainda segundo os autores, de modo geral os efeitos da erosão e assoreamento devem ser minimizados com ações de preservação da cobertura vegetal do solo; reflorestamento, medidas que reduzam a erosão, implantando sistema de drenagem e outras.

Relacionado ao manejo do solo observa-se também o uso de fertilizantes, no qual são considerados compostos químicos aplicados na agricultura com o objetivo de suprir as deficiências em substancias para o solo e planta. No entanto muitos desses fertilizantes são hidrossolúveis, ou seja, dissolvem-se na água, causando poluição do ar pela sua evaporação, das raízes pela sua absorção excessiva e da água pela contaminação dos rios, lagos e lençóis freáticos, causando juntamente com os despejos de esgotos, a eutrofização dos corpos aquáticos. Assim, para diminuir a quantidade de fertilizantes químicos utilizados no solo o agricultor pode:

- Substituir adubos químicos por adubos alternativos;
- Utilizar o biofertilizante proveniente da biodigestão anaeróbia;
- Incorporar técnicas como a compostagem para suprir as necessidades do solo.

Digitized by Google

Para esta variável $\mathbf{X_6}$, a medida utilizada será quanto menos fertilizante químico for utilizado no processo de manejo do solo, melhor será a sustentabilidade da propriedade.

4.4.2 Indicadores de impacto ambiental para a energia

A energia é um fator importante e indispensável nas instalações rurais, pois serve para iluminar, aquecer, refrigerar dentre outras. O indicador que faz referência à energia neste trabalho é o $IERA_{ENERGIA,}$ no qual pôde ser analisado sobre vários critérios. Busca-se, portanto um indicador com intensidade forte para que se consiga um melhor índice de ecoeficiência e sustentabilidade dentro da propriedade rural. A soma das fontes de energia disponíveis dentro da propriedade rural, que são: Y_1 (Compra de energia elétrica da Concessionária local de distribuição de energia elétrica); Y_2 (Produção de energia por Fontes Fósseis); Y_3 (Produção de energia por fontes renováveis e disponíveis dentro da propriedade rural + investimentos em Eficiência Energética).

A compra de energia elétrica da concessionária local é a forma de uso de energia mais comum, porém esta pode ser gradativamente substituída por fontes renováveis disponíveis na propriedade rural. Com esta ação o produtor rural estará reduzindo os custos de compra de energia da concessionária e minimizando os impactos ambientais provenientes da utilização de combustíveis fósseis. As variáveis, produção e uso de energia por fontes fósseis ($\mathbf{Y_2}$), foram incorporadas na formulação matemática devido a sua intensa utilização nas propriedades rurais, ou seja, são variáveis de relevância na atividade rural.

$$\textbf{Total de Energia} = \sum_{n=1}^{3} \mathrm{Yn} \qquad IERA_{\text{ENERGIA}} = \frac{(Y_1 + Y_2) - Y_3}{PT}$$

Uma das alternativas de produção de energia renovável para

Digitized by Google

o produtor rural, se esta tiver pequenas queda de água, dentro dos limites de sua propriedade, é a geração de energia a partir de uma pequena central hidroelétrica (PCH). Esta é considerada uma fonte limpa, pois não gera diretamente poluição, e transforma um recurso energético natural em energia. A PCH pode ser construída utilizando uma queda de água, cuja velocidade irá movimentar uma roda d'água e com isso movimentar um gerador produzindo então energia. Esta energia poderá ser utilizada em diversos setores das atividades rurais, seja para iluminação, aquecimento ou resfriamento. Este tipo de empreendimento necessita de autorização ou permissão da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Neste tipo de empreendimento caso a produção de energia seja maior que a necessidade do produtor o excedente pode ser vendido à concessionária de distribuição de energia local.

De acordo com a Energisa (2009) as principais vantagens das PCHs são:

- Fonte renovável: menor impacto ambiental para as gerações presente e futura;
- Construção mais rápida: menor impacto social;
- Geração distribuída e descentralizada: melhor confiabilidade para o sistema elétrico da região onde será instalada;
- Menores custos de Geração: Contribui para a modicidade tarifária;
- Diminui a emissão de GEE ao substituir fontes térmicas fosseis;

A desvantagem das PCHs para a Geração Energisa (2009) é que para funcionamento precisa de uma regularização do fluxo de água, ou seja, dependerá da vazão disponível, se a vazão for menor causará oscilações de energia, se a vazão for maior favorecerá a passagem da água pelo vertedor.

A geração de energia a partir do sol é uma alternativa economicamente viável e quando inserida na formulação matemática

Digitized by Google

elevará juntamente com os outros fatores o ISE.

Para Bittencourt (2005) 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. Ainda segundo o autor pode ser utilizada como fonte de luz, calor, para produção de eletricidade e biomassa, 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, converter a energia solar diretamente em energia elétrica, utilizando células fotovoltaicas revestidas de semicondutores que, ao absorver luz, produzem uma pequena corrente elétrica. Assim, a energia armazenada pode ser utilizada, em residências para iluminação, para o aquecimento da água, ou mesmo nas instalações rurais, para aquecimento o resfriamento dos galpões onde possuam animais que necessitem de cuidados especiais, no bombeamento da água para irrigação, cercas eletrificadas para contenção de animais (caprinos, ovinos, bovinos) dentre outros.

O terceiro aspecto relacionado às fontes renováveis de energia é o ($\mathbf{Y}_{3\text{EÓLICA}}$) no qual envolve a energia gerada a partir da massa de ar em movimento. É considerada uma energia limpa cuja intensidade depende da velocidade dos ventos e da região onde os aparelhos foram instalados. Não polui o meio ambiente, no entanto é uma das possibilidades de custo mais elevado. Esta utiliza os cata-ventos para acionar bombas d'água, dínamos ou geradores de energia elétrica, moinhos, serras. A energia por eles gerada poderá ser aproveitada em bombas d'água para irrigação, iluminação dentre outras. Ao utilizar este procedimento o produtor estará

Digitized by Google

contribuindo para alcançar uma sustentabilidade forte ou média com porcentagem maior que 60%.ou igual a 40%.

Outra possibilidade de produção de energia em propriedade rural é utilizando os diversos resíduos ($\mathbf{Y}_{3RESÍDUOS}$) e de biomassa ($\mathbf{Y}_{3BIOMASSA}$) gerada por esta, como: casca de arroz e de café, sobras de madeira (galhos, ou folhas), restos culturais (milho, cana-de-açúcar), estrume de animais dentre outros. Assim, o produtor poderá incorporar em suas práticas o aproveitamento dos resíduos para fins energéticos e com isso diversificar e contribuir para a sustentabilidade da propriedade rural. Tais resíduos e a biomassa podem ser utilizados como fonte energética de combustão e, através de técnicas de prensagens, constituir blocos de carvão ou de briquetes para serem utilizados energeticamente através de combustão, assim como também a biomassa de pastagens (BITTENCOURT, 2005).

Outra forma de utilização da biomassa ($\mathbf{Y}_{3BIOMASSA}$) é a produção do biogás (metano CH_4) através da decomposição de resíduos orgânicos. Os dejetos dos animais passam a ser não um problema, mais um meio de solução para a geração de energia. O aproveitamento dos dejetos pode ser feito com uso da tecnologia de biodigestão, que pode gerar tanto benefícios ambientais pela eliminação de resíduos dispostos de modo irregular, diminuindo a contaminação da água, do solo, e do ar, quanto sociais evitando contato humano aos resíduos e à proliferação de pragas e outras doenças correlacionadas à falta de saneamento básico, além dos econômicos que podem ser percebidos por meio da geração de energia e uso de biofertilizantes de grande importância para as pastagens e adubação em geral (BARBOSA e LANGER, 2011). A vantagem do uso do biofertilizante em relação aos fertilizantes químicos é que não geram problemas referentes à salinização do solo e muito menos níveis de desestruturação. O biogás constitui uma fonte de energia relativamente barata, renovável e eficiente,

Digitized by Google

além de não serem poluentes cujo subproduto do processo é o fertilizante (OKUNO *et. al.*, 1986 *apud* Bittencourt, 2005). Pode ser utilizado para gerar energia na forma de calor, mecânica ou elétrica. Para geração de calor pode ser utilizado em fogões, aquecimento em aviário, secadores de grãos; para a forma mecânica é usado em motores de combustão interna; e para iluminação pode ser utilizado em motores de combustão interna, microturbinas ou turbinas a gás para gerar energia elétrica.

Dessa forma os aspectos relacionados às fontes renováveis devem ser avaliados sob todos os aspectos. Dessa forma, se faz necessário um gerenciamento eficiente da matriz energética dentro da propriedade rural e, sobretudo um atendimento especializado nas questões técnicas e científicas inerente a ela.

4.4.3 Indicadores de impacto ambiental para a água

Para o $IERA_{ÁGUA}$, levou-se em consideração a água potável comprada da concessionária e a forma alternativa de captação de águas pluviais ou a reutilização de águas residuais. Estes critérios foram estabelecidos devido à necessidade de mudança quanto ao uso da água no meio rural, pois a atividade agropecuária é grande consumidora de água e geradora de resíduos.

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência dos seres vivos (animais, vegetais e seres humanos) e de maneira geral contribui para o equilíbrio do planeta. As plantas para crescer e se reproduzir necessitam de água em qualidade e quantidade suficiente, que possam suprir suas necessidades e do solo. Neste sentido, a agricultura é a maior responsável pelo consumo total de água do mundo. Esse uso intensivo de água na agricultura afeta negativamente as reservas hídricas. Di Bernardo *et. al.* (2002) afirmam que para se conseguir uma produção continua de água depende de alguns fatores como, por exemplo, projetos e qualificação de pessoal. A captação e armazenamento de águas pluviais

Digitized by Google

pode proporcionar o abastecimento de água da propriedade rural nos meses de escassez. Isso se torna possível devido à simplicidade da estrutura necessária e viável pela relação custo e beneficio.

A captação da água em épocas de chuvas é uma alternativa para o agricultor quando se pretende inserir o conceito de ecoeficiência dentro da propriedade rural. Esta água pode ser utilizada para consumo de animais em épocas de escassez de água, não mais tendo custos extras para transportar a água de rios ou de outras propriedades e para irrigação. Esta prática apresenta vantagens (figura 4.1) relacionadas aos aspectos sociais, econômicos e ambientais, ou seja, a base para os três pilares da sustentabilidade.

Figura 4.1 - Captação de águas pluviais como alternativa para a ecoeficiência.

Fonte: Ali (1987) e Hamoda & AL-Awabi (1996) adaptado.

Segundo Ali (1987) e Hamoda & Al-Awabi (1996) as águas residuárias podem ser utilizadas na irrigação, principalmente em regiões semiáridas, desde que se tenha conhecimento específico do seu grau de perigo à saúde e ao ambiente. Alguns autores comprovaram por meio da utilização de águas residuárias, a eficiência da utilização dessa água na produção de diferentes culturas. Oron *et. al.* (1991b), observaram que os sistemas de microirrigação com

Digitized by Google

águas residuárias apresentaram maior rendimento das culturas de algodão, trigo, milho e ervilha quando os emissores se encontraram dispostos na superfície do solo, em comparação com a subsuperfície. Esses mesmo verificaram que a irrigação do algodão por gotejamento com águas residuárias possibilitou produtividade de 6.000 kg ha^{-1}, sem adição de fertilizante químico. Segundo avaliação feita por Vazquez-Montiel *et. al.* (1996) ficou constatado que o milho irrigado com água residuárias absorveu maior quantidade de nitrogênio na fase de crescimento do que na fase de maturação, acumulando, nessa fase, nitrogênio na forma de nitrato no perfil do solo. Monte & Sousa (1992), por sua vez, observaram que a lagoa facultativa aumentou os rendimentos das culturas de milho e de sorgo, além de evitar o uso de quantidades significativas de fertilizantes.

A utilização de águas residuárias para irrigação principalmente em hortaliças, induz uma preocupação latente que é a contaminação por organismos patogênicos. Portanto cabe um estudo mais detalhado dos fatores de risco com essa prática.

A formulação matemática utilizada para o $IERA_{ÁGUA}$ levou em consideração as seguintes equações.

$$\textbf{Total de Consumo de Água} = \sum_{n=1}^{3} \mathrm{Zn} \qquad IERA_{ÁGUA} = \frac{(Z_1 + Z_2) - (Z_{1b} + Z_3)}{PT}$$

As fórmulas acima indicam que para este trabalho considerou-se duas formas essenciais de se acessar a água, sendo a primeira comprar água potável diretamente da concessionária de água local (Z_1), a segunda captação de águas pluviais ou a reutilização de águas residuais (Z_2), e a terceira considerou o uso de água para irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural (Z_3). Dentro da necessidade de comprar água potável se dividiu em duas partes, uma essencial (Z_{1a}), que se destina ao consumo humano

Digitized by Google

e suas atividades que necessita deste tipo de água como cozinhar alimentos e outra que é o uso deste tipo de água para atividades não essenciais (Z_{1b}). Para determinar o indicador $IERA_{ÁGUA}$ computou-se que quanto menos quantidade de água potável e maior utilização de águas residuais e de chuva se utilizar para realizar atividades não essenciais, para uso de água potável e para irrigação e trabalho geral de limpeza na propriedade rural mais ecoeficiênte é a propriedade.

Assim, a escassez da água potável, os questionamentos associados aos usos múltiplos e a cobrança em valor monetário pelo seu uso vem pressionando os agricultores quanto à tomada de decisões que envolvam além do tratamento de água, esgoto e resíduos o reusam dessa água.

4.4.4 Indicadores de impacto ambiental para emissões

Um aspecto fundamental da ecoeficiência dentro da propriedade rural está relacionado às emissões atmosféricas provenientes das atividades agropecuárias.

Estes aspectos precisam ser minimizados para que o proprietário rural atinja um grau satisfatório da sustentabilidade dentro da propriedade. Para tal o produtor rural precisa alcançar alguns objetivos: (RIBEIRO, 2010)

- Promover a redução das emissões de GEE oriundas das atividades agropecuárias;
- Reduzir o desmatamento;
- Aumentar a produção agropecuária em bases sustentáveis;
- Adequar às propriedades rurais à legislação ambiental;
- Ampliar a área de florestas cultivadas, com a implantação de planos de manejo florestal sustentável;
- Estimular a recuperação de áreas degradadas;
- Implantação, manutenção e manejo de florestas comerciais;
- Recuperação de áreas e pastagens degradadas;

Digitized by Google

- Implantação e melhoramento de sistemas de plantio direto "na palha";
- Tratamento de dejetos e resíduos, dentre outros.

A substituição de combustíveis de origem fósseis por renováveis é também uma alternativa para se alcançar a ecoeficiência e diminuir as emissões de GEE. No entanto, essa mudança envolve transformações tecnológicas, econômicas e institucionais significativas. A questão fundamental encontra-se não só na substituição, mas na transição entre elas, tanto no que concerne à sua duração quanto ao seu conteúdo.

O desenvolvimento das tecnologias para o aproveitamento das energias renováveis beneficiará o produtor rural e a região onde a propriedade encontra-se instalada, visto que favorecerá a produção agrícola através da autonomia energética e consequente melhoria global da qualidade de vida dos habitantes.

A formulação matemática utilizada para o $IERA_{EMISSÕES}$ levou em consideração as seguintes equações:

$$Total\ de\ Emissões = \sum_{n=1}^{5} En \qquad IERA_{EMISSÕES} = \frac{\sum_{n=1}^{4} En - E_5}{PT}$$

Para tal, deve-se observar que para o controle de queimadas (E_1), Desmatamento (E_2), Manejo do solo (E_3) e Manejo de Pastagens (E_4) foram considerados aspectos de relevância dentro das atividades em uma propriedade rural. O fator de comparação para este indicador foi à queima de combustíveis de origens fósseis que será analisa mais a frente pela visão do indicador de sustentabilidade.

4.4.5 Indicadores de impacto ambiental para resíduos

A ecoeficiência, como tratada neste estudo, é de processo de atitudes sustentável para equilibrar as ações de negócio com os princípios da preservação ambiental na propriedade rural. Dessa

Digitized by Google

forma o aproveitamento de resíduos agrícolas, resíduos florestais e resíduos pecuários se inserem como uma forma de alcançar a ecoeficiência na propriedade rural.

Nesse contexto, a energia gerada por meio do aproveitamento da biomassa pode oferecer ao produtor rural melhores condições de renda além dos ganhos ambientais a ele relacionados. Os resíduos agrícolas são aqueles resultantes das atividades de colheita dos produtos agrícolas nos quais são produzidos no campo (Edital CT-AGRO, 2005). A sua quantificação pode ser feita com base nos índices de colheita, onde expressam a relação percentual entre a quantidade total de biomassa gerada por hectare plantado de uma determinada cultura e a quantidade de produto economicamente aproveitável. Porém, uma parte desses resíduos pode ser deixada no próprio terreno de cultivo, para que sirva de proteção ao solo ou mesmo como adubo fornecedor de nutriente ao solo.

Os resíduos florestais, por sua vez são considerados todos os materiais orgânicos gerados e deixados na floresta após a colheita, tais como os resíduos lenhosos - sobras de madeira, galhos grossos e finos, folhas, tocos, raízes, a serapilheira e a casca (Edital CT--AGRO, 2005).

Outra maneira de se transformar biomassa em energia é através dos resíduos da agropecuária na qual utilizam os biodigestores para produzir o biogás e o biofertilizante. Estes resíduos são resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino, aves e outros, no qual apresentam grande poder calorífico.

Um exemplo de biocombustível produzido pelo aproveitamento de resíduos são os briquetes produzidos a partir de resíduos ou subprodutos agrícolas, florestais ou industriais utilizados para queima em fornos e caldeiras. Para sua fabricação utiliza-se bagaço e palha de cana-de-açúcar, bagaço de laranja, serragem e aparas de madeira obtida em serrarias ou em fazendas de exploração florestal, cascas de coco, de babaçu, de macaúba, de pinhão manso,

Digitized by Google

folhagens, resíduos orgânicos de filtração, dentre outras. A formulação matemática utilizada para o $IERA_{RESÍDUOS}$ levou em consideração as seguintes equações:

$$\textbf{Total de Resíduos} = \sum_{n=1}^{4} \mathbf{Rn} \qquad IERA_{\text{RESÍDUOS}} = \frac{\sum_{n=1}^{3} \mathbf{Rn} - \mathbf{R_4}}{\mathbf{PT}}$$

Para este indicador tomou-se como base o Aproveitamento de Resíduos Agrícolas ($\mathbf{R_1}$), Aproveitamento de Resíduos Florestais ($\mathbf{R_2}$) e Aproveitamento de Resíduos Pecuários ($\mathbf{R_3}$) e Resíduos Descartados ou não aproveitados ($\mathbf{R_4}$). Levou-se em consideração para tal como fator de comparação o critério de aproveitamento de Resíduos Descartados ou não Aproveitados. Observa-se então que o indicador será ecoeficiênte na medida em que aumente o aproveitamento dos resíduos dentro da propriedade rural.

De modo geral ambos os indicadores $IERA_{SOLO,}$ $IERA_{ENERGIA}$, $IERA_{ÁGUA}$ $IERA_{EMISSÕES}$, $IERA_{RESÍDUOS}$, são ferramentas responsáveis pela sustentabilidade da propriedade rural e desafio para o produtor implementar em suas atividades ações de ecoeficiência que contribuam com o meio ambiente, agreguem valor ao produto. A interação entre produtor e recursos naturais deverá ser intensa, visto que dele partirá as tomadas de decisões.

A adequação ambiental da propriedade rural juntamente com a recuperação de áreas degradadas e a restauração de matas ciliares são processos que dependem do posicionamento do agricultor uma vez que este é o responsável por gerenciar as atividades agrícolas e agropecuárias da propriedade. Diante disto, os indicadores de ecoeficiência contribuem para o processo de tomada de decisão dentro da propriedade rural, uma vez que o produtor optar por práticas eficientes de manejo do solo, por ações que minimizem o uso de recursos como água e energia e, por técnicas que aproveitem os resíduos e diminuam as emissões que GEE.

Digitized by Google

4.5 Exemplos descritivos de utilização dos IERA's para propriedades rurais.

Com o objetivo de identificar que tipo de indicador o produtor rural poderá utilizar dependendo da atividade que pratica foi realizada uma simulação de utilização dos indicadores ecoeficiêntes, visto que a utilização dos IERA's, como os propostos neste trabalho, reverte-se como um importante instrumento de análise e planejamento das atividades rurais.

Para a simulação de utilização dos indicadores observa-se a separação de três tipos de atividades predominantes numa propriedade rural. Uma apenas com atividades agrícolas, outra com atividade pecuária e por fim uma propriedade que envolva atividades rurais e pecuárias, detalhada nos itens 4.5.1, 4.5.2 e 4.5.3 a seguir.

4.5.1 Propriedade Rural- atividade agrícola

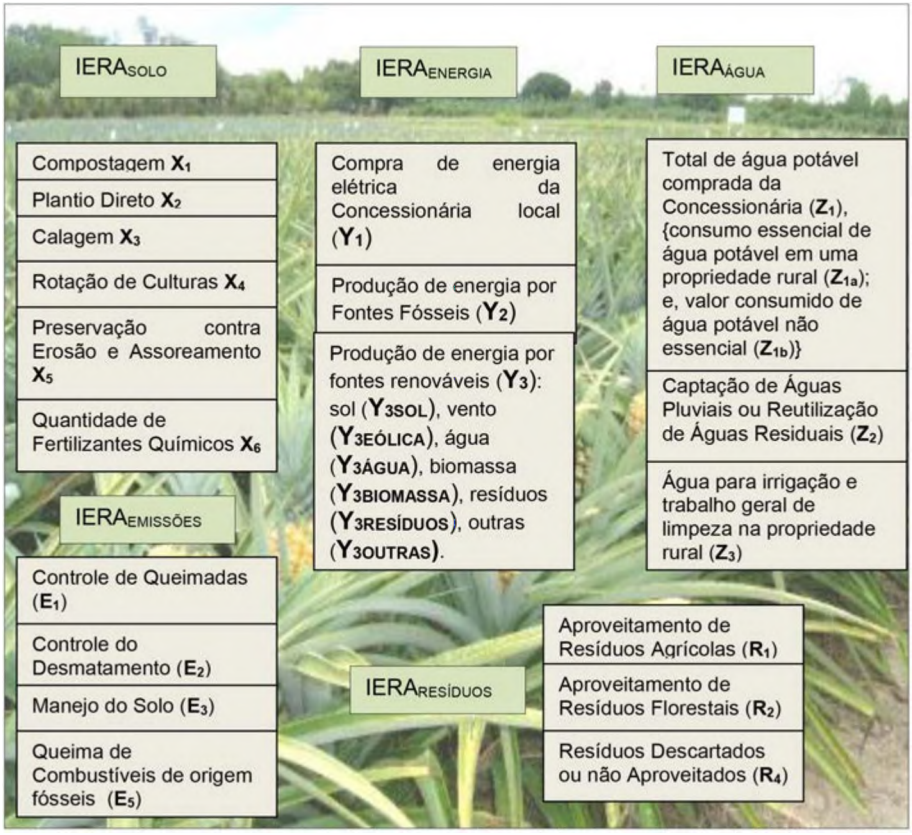
Para as propriedades rurais que desenvolvem apenas atividade agrícola- cultura temporária e/ou cultura permanente, quer seja para subsistência ou comercial, os indicadores que podem ser aplicados estão apresentados na figura 4.2.

A atividade agrícola vem sendo aprimorada com o passar do tempo por práticas ou sistemas de cultivo cada vez mais eficiente. Diante deste fato o produtor rural necessita de ferramentas que auxiliem no melhor aproveitamento de resíduos e serviços com o menor impacto ambiental e ao mesmo tempo traga-lhe retorno financeiro.

Os fatores envolvidos na atividade agrícola estão relacionados ao solo, energia, água, emissões e resíduos.

Digitized by Google

Figura 4.2 – Indicadores de Ecoeficiência para Propriedade Rural com atividade agrícola.



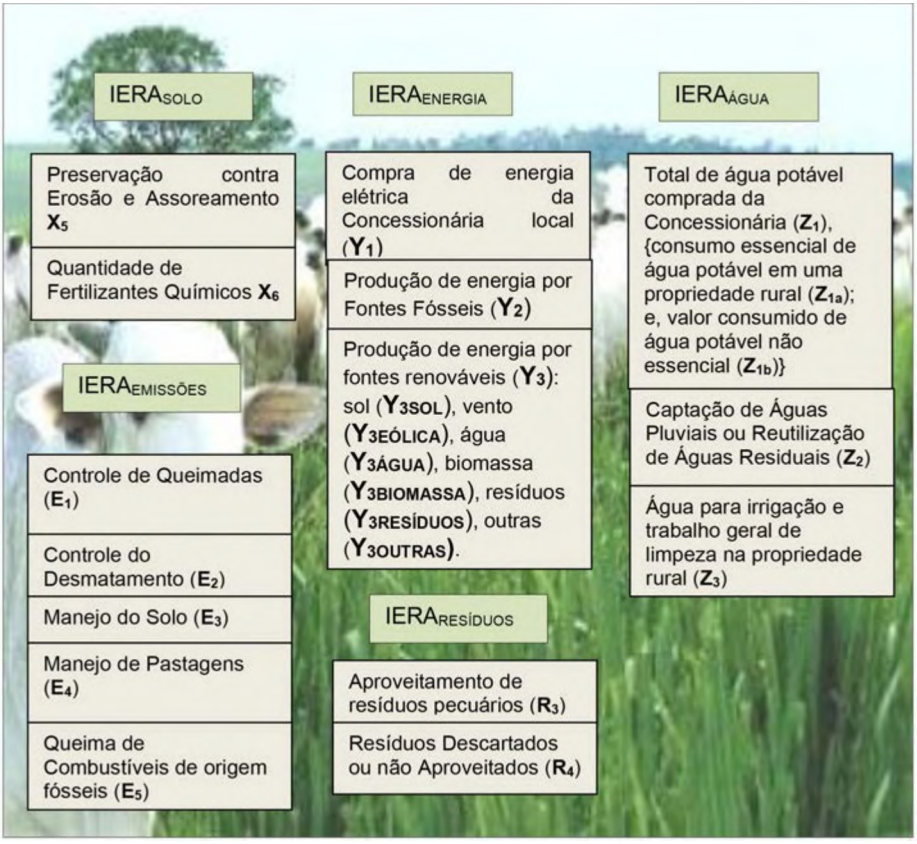
Para este segmento não levou-se em consideração E_4 e R_3 pelo fato do manejo de pastagens e o aproveitamento de resíduos pecuários não estarem diretamente relacionados a agricultura já que nessa atividade não há o envolvimento de animais.

4.5.2 Propriedade Rural- atividade pecuária

A atividade pecuária envolve um conjunto de técnicas aplicadas a criação de animais para diversos fins. Neste sistema, estão envolvidos aspectos relacionados ao solo, energia, água, emissões e resíduos (figura 4.3).

Digitized by Google

Figura 4.3 – Indicadores de Ecoeficiência para Propriedade Rural com atividade pecuária.



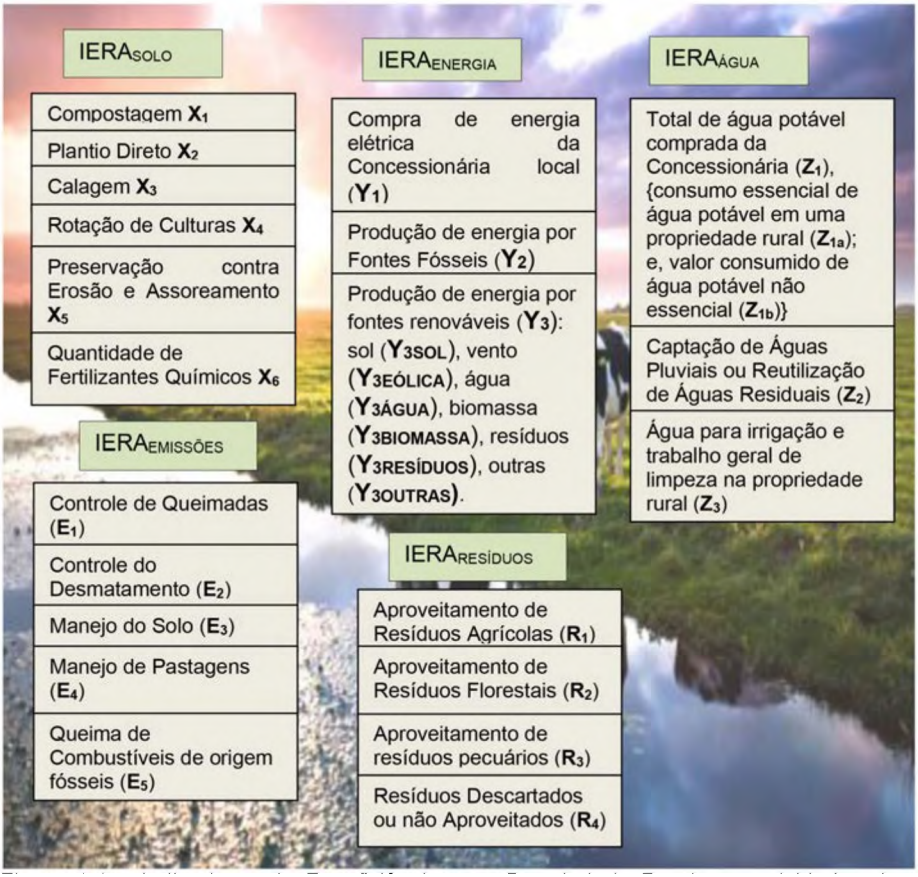
Considerando que esta propriedade exerça exclusivamente atividade pecuária, no indicador relacionado ao solo não foi levado em consideração X_1, X_2, X_3 e X_4, e para o indicador relacionado ao aproveitamento de resíduos, como não há atividade agrícola, os critérios R_1 e R_2 não foram levados em consideração.

4.5.3 Propriedade Rural- atividade mista (agrícola e pecuária)

A propriedade rural que desenvolve atividade mista (agrícola e pecuária) poderá inserir como ferramenta de desenvolvimento os indicadores de ecoeficiência relacionados ao solo, energia, água, emissões e resíduos (figura 4.4)

Digitized by Google

Figura 4.4 – Indicadores de Ecoeficiência para Propriedade Rural com atividade mista (agrícola e pecuária).



Para esta categoria foram utilizados todos os critérios relacionados aos indicadores, devido à importância da avaliação criteriosa neste segmento.

Digitized by Google

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal construir indicadores de ecoeficiência rural ambiental (IERA) para propriedades rurais (energia, água, solo, materiais, resíduos e emissões). Estes foram construídos a partir de adaptações para a zona rural dos indicadores de ecoeficiência e sustentabilidade criados para zona urbana pelos organismos: WBCSD, GRI e EEA. Foram formulados critérios dentro dos indicadores de ecoeficiência para a propriedade rural considerando os seguintes itens: o manejo e uso do solo, a utilização de recursos como água e energia, e as cargas ambientais relacionadas às emissões e resíduos. Obteve-se como resultados os indicadores: $IERA_{SOLO}$, $IERA_{ENERGIA}$, $IERA_{ÁGUA}$, $IERA_{EMISSÕES}$, $IERA_{RESÍDUOS}$ e os respectivos Indicadores de Sustentabilidade o ISS, ISE, ESA, ISEM, ISR. O primeiro indicador (IERA) refere-se aos Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental propriamente e o segundo refere-se ao indicador de sustentabilidade (IS) que funciona como um instrumento de medição da intensidade do primeiro (IERA).

O indicador de ecoeficiência relacionado ao uso e manejo do solo ($IERA_{SOLO}$) apresentou como critérios de avaliação a compostagem, plantio direto, calagem, rotação de culturas, preservação contra erosão e assoreamento, e quantidade de fertilizantes químicos. Esse indicador orienta como manejar e usar o solo de forma sustentável e eficiente quanto às características físico-químicas e também orienta quais seriam os critérios que o produtor deveria observar, e se esforçar para alcançar tornando-o ecoeficiênte em relação a este. O indicador de intensidade mostra os critérios que os produtores devem computar para verificar como está evoluindo neste quesito.

Digitized by Google

Para o indicador referente ao consumo de energia ($IERA_{ENERGIA}$) foi determinado que a intensidade do IERA relacionava-se com a capacidade que o produtor rural tem de programar o uso de fontes renováveis em sua propriedade, principalmente aquelas provenientes do uso dos insumos e materiais já a disposição na sua própria propriedade e ainda que a geração de energia a partir do sol é uma alternativa economicamente viável e quando inserida na formulação matemática elevará juntamente com os outros fatores o ISE.

Na proposta de indicador referente ao consumo de água ($IERA_{ÁGUA}$) sua intensidade de sustentabilidade está ligada a capacidade de captação de águas de chuva ou a reutilização de águas residuais. O enfoque essencial para este indicador foi à necessidade de mudança quanto ao gerenciamento e uso da água no meio rural, pois a atividade agropecuária é grande consumidora de água e geradora de resíduos.

Os indicadores de ecoeficiência relacionados às cargas ambientais envolveram diretamente os aspectos de meio ambiente, focado nas emissões atmosféricas provenientes das atividades agrícolas e pecuárias e no aproveitamento dos resíduos. O $IERA_{EMISSÕES}$ estabeleceu critérios que levaram em consideração o controle de queimadas e desmatamento, o correto manejo do solo e pastagens e, a queima de combustíveis de origem fósseis, podendo concluir que quando o produtor rural passar a substituir os combustíveis de origem fósseis por renováveis às emissões atmosféricas proveniente das atividades rurais tenderá a um valor satisfatório. Podendo assim promover um desenvolvimento sustentável e o aumento da capacidade econômica do produtor rural.

Em relação a formulação do $IERA_{RESÍDUOS}$ concluiu-se que o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e pecuários são caminhos sustentáveis dentro da propriedade rural e podem por meio do aproveitamento da biomassa auferir ao produtor rural me-

Digitized by Google

lhores condições ambientais, sociais e econômicas.

Para a implantação e gerenciamento dos IERA's são necessários investimentos na qualificação do agricultor, gerenciamento e treinamento de mão de obra e conscientização dos trabalhadores envolvidos no processo, a fim de se obter resultados satisfatórios. Neste sentido, somente o proprietário do empreendimento agrícola pode decidir quanto à utilização, implantação e execução deste tipo de ferramenta de comando e controle do uso mais racional, eficiente e ambientalmente mais adequado dos recursos naturais. Portanto os indicadores podem servir de "guias" para a tomada de decisões de investimento, processos e métodos, de forma a adequar o produto e empreendimento às exigências ambientais cada vez mais impositivas pelos consumidores e pela legislação ambiental governamental e, orientar o caminho a seguir rumo à sustentabilidade ambiental e econômica.

Digitized by Google

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOT, J. ; GUIJT, I. **Novas visões sobre mudança ambiental:** abordagens participativas de monitoramento. Rio de Janeiro: AS--PTA, 1999. 96 p.

ABREU, Y. V.; REINA, E.; MONTEIRO, F. J. F.; LÁZARI, T. M. de.; **Tecnologia apropriada: instrumento de desenvolvimento da agricultura familiar e de comunidades rurais**; in: **Energia, economia, rotas tecnológicas**; EUMED.NET, Espanha, 2010. p. 19-47.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas**, 2005. Disponível em: http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/index.html Acesso em: 16 de Junho de 2010 às 19h20min.

_____. ANEEL; **Atlas de energia elétrica do Brasil**; **Biomassa**. 3. ed. Brasília, DF; editora da Aneel; 2008. p.63-74.

_____. ANEEL; **Informações Técnicas;** Tarifas da Classe de Consumo Residencial de uma Concessionária. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493. Acesso em: 20 de Abril de 2012 às 15h20min.

AGUIAR, W. M. DE; **Uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade;** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado; 2004. 96p.

ALBÉ, M. Q.; **Alguns indicadores de sustentabilidade para os pequenos e médios produtores rurais do município de Jaquirana;** Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, 2006. Disponível em: <http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716030816.pdf>. Acesso em: 19 de Janeiro de 2012 às 17h04min.

ALI, B.I.; **Irrigation in arid regions**. *Journal of Irrigation and Drainage Engeneering of ASCE*, New York, v.113, n.2, p.173-83, 1987.

Digitized by Google

ALONSO, U. R. **Rebaixamento temporário de aqüíferos**. São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 2ª ed. Porto Alegre: ed. Universidade, 2000.

ARBAGE, A.P.; **Economia rural: conceitos básicos e aplicações**. Chapecó: Universitária Grifos, 2000. 305p.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília : ANEEL. 2002.

AYRES, R. U.; **Toward Zero Emissions: is there a feasible path? -** *introduction to ZERI phase II. Tokyo: UNU/IAS*, 1997.

BARBOSA, G.; LANGER, M.; **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental;** Unoesc & Ciência – ACSA, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96. 2011.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. de S.; **Fundamentos de metodologia científica, um guia básico para a iniciação científica**. 2. ed. amp. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1986.

BITTENCOURT, H. V. H.; **A matriz energética no desenvolvimento sustentável de pequenas propriedades rurais;** Relatório de estágio de conclusão de curso; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis; 2005. p 42.

BRANDÃO, F. C.; **Programa de apoio às tecnologias apropriadas - PTA**: Avaliação de um programa de desenvolvimento tecnológico induzido pelo CNPq; Brasília; Dissertação de Mestrado; UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB. 2001. p. 191.

BUARQUE, S. C.; **Metodologia de planejamento do local e municipal sustentável**; *Material para orientação técnica e treinamento de multiplicadores e técnicos em planejamento local e municipal*; Projeto de Cooperação Técnica INCRA/IICA; BR-DF. 1999.

CALLADO, A. A. C; CALLADO, A. L.C; MACHADO, M. A. V; **Indicadores de desempenho operacional e econômico: Um estudo exploratório no contexto do agronegócio**; Revista de Negócios, Blumenau, v. 12, n. 1, p. 3. 2007.

Digitized by Google

CAMAPUM C. J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S.; **Processos Erosivos no Centro Oeste Brasileiro**; A erosão à luz da legislação ambiental; Brasília: FINATEC, 2006. p. 1-37.

CÂMARA, M. J. T.; **Diferentes compostos orgânicos e plantimax como substrato na produção de mudas de Alface;** Monografia (Graduação em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2001. 42p.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. de.; **Balanço energético agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas**; vol.34, n.6, pp. 1977-1985. 2004.

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A.; **Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica**; vol.18, n.3, 2008. p. 540-555.

CANTARINO, A. A. A.; "**Desenvolvimento de Indicadores de Impacto Ambiental como Instrumento de Gestão e Controle no Processo de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Exploração e Produção nas Áreas *Offshore*"**; Tese de Doutorado em Planejamento Ambiental; PPE/Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 248p. 2003.

CARDOSO, L. M. F.; **Indicadores de produção limpa: Uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas;** Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia; Salvador (BA), 2004. 155p.

CARVALHO, F.P.A. de; **Eco-eficiência na produção de pó e cera de carnaúba no município de Campo Maior (PI)**; Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente; Universidade Federal do Piauí, 2005,157f.

CARVALHO, F. P. A.; GOMES, J. M. A.. **Eco-eficiência na produção de cera de Carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004;** Rev. Econ. Social. Rural, Brasília, v. 46, n. 2, 2008; Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010320032008000200006&lng=en&nrm=iso>.Acesso em: 17 de Janeiro de 2012 às 12h40min.

Digitized by Google

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. **Perfil energético da agricultura paulista.** Relatório de pesquisa 9. São Paulo: Secretaria da Agricultura – Instituto de Economia Agrícola, 1982. 55 p.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem- ECO-EFICIÊNCIA; 2007; Disponível em:<< http://www.cempre.org.br/ecoeficiencia.php>>. Acesso em 20 de Setembro de 2011 às 16h40min.

CENBIO- Centro Nacional de Referência em Biomassa: **FONTES DE BIOMASSA;** 2010; Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm >> Acesso em: 21 de Fevereiro de 2011 às 15h30min.

CIFERNO, J. P.; MARANO, J. J.; **Benchmarking Biomass Gasification Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production**; Departamento de Energia dos Estados Unidos e National Energy Technology Laboratory. 2002.

COLEN, F. **Potencial energético do caldo de cana-de-açúcar como substrato em reator UASB. 2003**. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu 2003. 85p.

CEBDS - **Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável**; 2004; Disponível em:<<http://www.cebds.org.br/cebds/artigos.asp?area=2>> Acesso em 27 de Julho de 2011 às 23h10min.

COPESUL – Companhia Petroquímica do Sul- **Controle Ambiental: Indicadores de Ecoeficiência;** 2003; Disponível em: <<http://www.copesul.com.br/site/investidores/2003/rel_desem/portugues/cap05/pagina05.pdf>> Acesso em: 20 de Setembro de 2011 às 17h00min.

COSTA, D. F. **Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização.** (Monografia). Programa de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COSTA, M. P. B.; **Agroecologia: uma alternativa viável às áreas reformadas e à produção familiar,** Reforma Agrária 23(1): p. 53-69. 1993.

Digitized by Google

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D.; **Vias de valorização energética da biomassa.** Biomassa & Energia, v. 1, n. 1, p.71-92, 2004. Disponível em: < http://www.renabio.org.br/arquivos/p_vias_biomassa_5919.pdf> . Acesso em: 26 de Abril 2011 às 16h23min.

CUNHA, J. S. F.; **Projeto etanol da batata-doce - A opção da agricultura familiar;** Migalhas nº 1.746; 2007; Disponível em: http://www.migalhas.com.br/mostra_noticia.aspx?cod=46040. Acesso em: 22 de Novembro de 2010. Às 13:00 horas.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; FILHO, L. P. C.; **Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**; São Carlos; RiMa; 2002; 237 p.

DURÕES, F. O. M.; SUNDFELD, E. SILVA, J. E. DA; EMBRAPA; **Fontes alternativas de energia e perspectiva de uso da agroenergia;** IX SIMPÓSIO Nacional Cerrado e II SIMPÓSIO Internacional Savanas Tropicais. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais; Brasília; 2008.

Edital CT-AGRO/MCT/CNPq nº 08/2005; **Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologias para Redução e Utilização de Resíduos Rurais e Agroindustriais e Redução das Perdas na Produção Agropecuária**; Disponível em: http://www.cnpq.br/editais/ct/2005/docs/008.pdf; Acesso em: 22 de Janeiro de 2012 às 04h11min.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; **Manejo de Solos**; Sistema de Plantio Direto; Sistemas de Produção, 1; ISSN 1679-012 Versão Eletrônica - 2ª Edição; 2006; Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/mandireto.htm; Acesso em: 18 de Janeiro de 2012 às 15h50min.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Tecnologia de Produção de Soja; Rotação de Culturas; Sistema de Produção, 1; Paraná; 2004; Disponível em; http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojaPR/rotacao.htm; Acesso em: 18 de Janeiro de 2012 às 17h00min.

Digitized by Google

Empresa Fibria; Ecoeficiência em Celulose e Papel; **Ser EcoEficiente é assumir uma postura responsável diante dos desafios climáticos e ambientais que a humanidade enfrenta**; 2008; Disponível em: <<http://www.fibria.com.br/shared/midia/publicacoes/folder_fibria_ecoeficiencia_pt.pdf>> Acesso em: 18 de Janeiro de 2012 as 00h50min.

ENERGISA, Geração energisa, **Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)**; 2009. Disponível em: << http://187.0.209.234/Geracao/default.aspx>> Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 03h11min.

ERKKO, S.; MELANEN, M.; MICKWITZ, P. ***Eco-efficiency in the Finish EMAS reports* – a buzz word?** Journal of Cleaner Production, v. 13, p. 799-813, 2005.

Estado da Arte da Gaseificação de Biomassa para Geração de Eletricidade e Produção de Combustíveis; Disponível em:<http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/seminario_internacional_2009/files/Gaseificacao_CYTED.pdf>; acesso em 28 de Fevereiro de 2011 às 18h46min.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA; **Environmental indicators: Typology and overview.** Technical report nº 25. 1999; Disponível em: <<http://www.geogr.unijena.de/fileadmin/Geoinformatik/projekte/brahmatwinn/Workshops/FEEM/Indicators/EEA_tech_rep_25_Env_Ind.pdf>> Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 02h16min.

FET, A. M. **Eco-Efficiency reporting exemplified by case studies.** The Norwegian University of Science and Technology (NTNU); Department of Industrial Economics and Technology Management; Presented at NATO's Advanced Reaserch Workshop, Maribor, Slovenia, 13. -17; 2002. Disponível em: <http://www.iot.ntnu.no/users/fet/Konferanser/2002-Paper-AMF-Slovenia-2002.pdf>. Acesso em 24 de Setembro de 2011 ás 18h20min.

FREITAS, L.; **Alterações climáticas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) Setor agropecuário 2009**; Relatório. 2011. Disponível em:<http://www.gpp.pt/ambiente/Alteracoes_climaticas/Relat_Emissoes_Agric_2011.pdf> Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 02h30min.

Digitized by Google

FRITZ, A. G. N. C.; GOMES, G. S.; FREITAS, M. A. G.; SILVEIRA, M. R.; ABREU, Y. V.; **Possibilidades Tecnológicas de Aproveitamento da Biomassa para Produção de Biocombustíveis**; cap. VI; p 182 – 213; in: **Energia, Economia, Rotas Tecnológicas – Textos Selecionados**; EUMED. NET. 2010. p 330.

GASPARINI, L. V. L.; **Analise das interelações de indicadores econômicos, ambientais e sociais para o desenvolvimento sustentável.** 2003. P. 221. Dissertação – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GAZZONI, D. L.; **Energia Alternativa- Energias Renováveis**; biodiesielbr.com; 2011; Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/energia/alternativa/energia-renovavel.htm> Acesso em: 29 de Janeiro de 2012 às 16h50min.
GERAÇÃO ENERGISA; **Pequenas centrais hidrelétricas;** 2009; Disponível em:<< http://187.0.209.234/Geracao/oqueeumapch/default.aspx>>; Acesso em: 22 de Janeiro de 2012 às 02h04min.

GERIS, R., SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; MAIS, I. S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. **Biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica**. Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Salvador – BA. **Química. Nova**. Vol. 30. No. 5. 2007.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE - GRI, **Sustainability Reporting Guidelines**. Boston, 2002, 86 p. Disponível em: <http://www.globalreporting.org>. 28 de Janeiro de 2012 às 01h02min.

_____. GRI; **Diretrizes para relatório de sustentabilidade**; 2006; Disponível em:<< http://www.ethos.org.br/_Uniethos/documents/gri_g3_portugues.pdf>> Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 01h02min.

GOLDEMBERG, J. **Tecnologia Apropriada**. Publicado na revista "Encontros Com a Civilização Brasileira" Nº 3, 1978. Disponível em <http://eumatil.vilabol.uol.com.br/goldemberg.htm.> Acesso em: 15 de Março de 2011 às 16h40 min.

GÓMEZ. E, O. *et al.*, **Projeto de Pirólise Rápida Contínua de Biomassa com Ar em Reator do leito Fluidizado Atmosférico.** An 3. Enc. Energ. Meio Rural, 2003.

Digitized by Google

GRAEML, Alexandre R. **"Tecnologia Apropriada X Tecnologia Moderna, Tentativa de Conciliação"**- Anais do XXI ENANPAD (Encontro Nacional Da Associação Nacional dos Programas de Pós--Graduação em Administração)- Angra dos Reis. 1996. Disponível em: http://www.dainf.cefetpr.br/~graeml/publica/artigos/download/ENANPAD1996_TecnologiaApropriada.pdf. Acesso em 15 de Março de 2011 às 17h00 min.

GRIMONI, J. A. B.; GALVÃO, L. C. R.; UDAETA, M. E. M.; **Energia da Gaseificação de Biomassa um Recurso não Convencional para o Desenvolvimento Limpo**; GEPEA–USP- Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Disponível em: << http://146.164.33.61/silviocarlos/pesquisa/ENERGIA%20DA%20GASEIFICA%C7%C3O%20DE%20BIOMASSA%20CLAGTEE2003_OscarKinto.pdf>> Acesso em: 28 de Fevereiro de 2011, às 19h10min.

HAMODA, M.F.; AL-AWADI, S.M. **Improvement of effluent quality for reuse in a dairy farm.** *Water Science and Technology*, Londres, v.33, n.10-11, p.79-85, 1996.

HAMMOND, A. *et al.*, **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, DC: World Resources Institut, 1995.

HOFFMANN, R.; *et al.*; **Administração da empresa agrícola.** São Paulo: Pioneira, 1978. 325p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2007. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=172110# Acesso em 03 de Agosto de 2011 às 15h12min.

INSTITUTO ETHOS; **O Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente – a Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal** / Benjamin S. Gonçalves (coordenação e edição). – São Paulo: Instituto Ethos, 2005; Disponível em:<< http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/meio_ambiente.pdf>> Acesso em 25 de Novembro de 2011 às 11h26min.

Digitized by Google

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY; Biomassa; Brasil; 2006. Disponível em:<<http://www.internationalrenewablesenergy.com/index.php?pag=menu&idmenu=200>> Acesso em: 28 de Fevereiro de 2010 às 11h10min.

IPCC. 2006. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston, H.S; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T. and Tanabe, K. (Ed.). Japão: IGES.

JUNIOR, J. L.; SANTOS, T. M. B; Aproveitamento de Resíduos da Indústria Avícola para Produção de Biogás; Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola; Concórdia/SC; 2000.

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

KHAREL, G. P.; CHARMONDUST, K. V. ***Eco-efficiency evaluation of iron rod industry in Nepal.*** Journal of Cleaner Production, v. 15, p. 1-9, 2007.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V., KRHAL, J.; RAMOS, L. P.**; Manual de biodiesel**. 1ª. ed.; São Paulo-SP; Ed. Edgard Blucher; 2006; 340 p.

KRAEMER, M. E. P.; **Indicadores ambientais como sistema de informação contábil;** (s/d); Disponível em: <<http://www.gestao-ambiental/recebidos/maria_kraemer_pdf/pdf.php>>; Acesso em: 14 de Novembro de 2011 ás 11h09min.

LEITE, R.R. de A.; CASTRO, A.M.G. de; SANTO, E. do E. Demandas dos consumidores de abacaxi do centro-oeste. **Cadernos de Ciência & Tecnologia,** Brasília, v. 20, n. 3, p. 495-520, 2003.

LOPES, R. P.; **Energia na Agricultura**; Notas de Aula; Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ); Instituto de Tecnologia; 2006;(Departamento de Engenharia); Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAU80AJ/energia-na-agricultura>> Acesso em 06 de Dezembro de 2011 às 22h02min.

Digitized by Google

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; **Uso eficiente de fertilizantes corretivos agrícolas;** 3a edição revisada e atualizada – São Paulo, ANDA; 2000.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G.; **Acidez do Solo e Calagem;** Boletim técnico nº 1; 3ª ed.; São Paulo – ANDA 1991; 22p.

MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174p.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Rural.** 6. ed. São Paulo: Atlas; 2000.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. **A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados**. Apresentado em: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2006, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ, 2006, p.87-137.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002.

MARZULO, R. C. M.; **Análise de Ecoeficiência dos Óleos Vegetais Oriundos da Soja e Palma, Visando a Produção de Biodiesel**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. 2007. 303p.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Orgs.). **Economia do Meio Ambiente.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MAXIME, D.; MARCOTTE, M.; ARCAND, Y. ***Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry***. Journal of Cleaner Production, v. 14, p. 636-648, 2006.

MONTE, H.M.; SOUSA, M.S. **Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent.** *Water Science Technology*, Londres, v.26, n.7-8, p.1603-13, 1992.

Digitized by Google

MÜLLER, K.; STURM, **A. *Standartized Eco-efficiency Indicators*** – Report 1: concept paper. Basel: Ellipson; 2001. Disponível em: << http://www.ellipson.com/files/studies/EcoEfficiency_Indicators_e.pdf >> Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 03h33min.

NANNI, S.; **Biomassa é Fonte Alternativa de Energia Promissora na Amazônia;** T&C Amazônia, Ano III, Número 6, Janeiro de 2005.

NETTO, A. G.; DIAS, J. M. C. S. **Política energética para a agricultura**; Simpósio sobre energia na agricultura, tecnologias poupadoras de insumos, integração de sistemas energéticos e produção de alimentos, 1, 1984, Jaboticabal/SP. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP--FCAV/UNESP;. P. 3-32.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S.; **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações.** 2ª Edição.Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2003; p. 36.

NOGUEIRA, L. A. **Biodigestão. A alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986. 93p.

OLIVEIRA, F. N. S. O.; HERMÍNIO, J. M. L.; CAJAZEIRA, J. P.; **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos;** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2004; 17p.

OLIVEIRA, M. R. V.; MORAES, S. V. P.; MENDES, M. A. S.; MARTINS, O. M.; BATISTA, M. F.; **Pragas com potencial quarentenário para culturas oleaginosas envolvidas na produção da agroenergia;** Comunicado Técnico 161, 2007; Disponível em: http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/cot161.pdf. Aceso em: 26 de Abril de 2011, às 17h10min.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B.; **Compostagem;** Piracicaba – São Paulo; 2008.

ORON, B.G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; MANOR, Y. **Effluent reuse by trickle irrigation.*Water*** *Science Technology*, Londres, v.24, n.9, p.103-8, 1991b.

Digitized by Google

PEREIRA JUNIOR, J. de S.; **TARIFAS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTOS NO BRASIL**; 2007; Biblioteca digital; Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1603/tarifas_servicos_jose_pereira.pdf?sequence=1; Acesso em: 20 de Abril de 2012 às 16h20min.

PROGRAMA EXCELÊNCIA GERENCIAL (PEG); **INDICADORES DE DESEMPENHO - Sistema de Medição do Desempenho Organizacional;** (Nota de Instrução); s/d.

PECORA, V.; FIGUEIREDO, N. J. V.; Potencial de geração de energia elétrica e iluminação a gás por meio do aproveitamento de biogás proveniente de aterro sanitário; 2006.

PERIN, M. L.; MARTINS, G.; DIAS, D. R.; Agricultura familiar e biocombustíveis: elementos para uma produção Sustentável; Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2010.

PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA - **PNAE**, 2006-2011; Brasília - DF; 2005.

PORTAL DA UNIÃO EUROPÉIA; 2004b Disponível em: <http://europa.eu.int/scadplus /leg/pt/s15001.htm >. Acesso em: 24 de Novembro de 2011 às 17h20min.

RAMAGE, J; SCURLOCK, J. Biomass. In: BOYLE, G. **Renewable Energy: Power for a Sustainable Future**. New York: Oxford University Press, 1996.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHELM, H. M.; **Biodiesel um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil**; Universidade Federal do Paraná; 2008; p 19.

REDAÇÃO ALMANAQUE ABRIL, "Almanaque Abril Brasil 2005", Abril, São Paulo, 2005; *Apud* Silva 2006.

Digitized by Google

RIBEIRO, R.; Publicação no DOU (Diário Oficial da União) a Resolução 3.896/2010 expedida pelo Banco Central do Brasil para instituir o Programa ABC (Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura); Observatório ECO, Direito Ambiental, 2010. Disponível em: <<http://www.observatorioeco.com.br/bc-cria-programa-financeiro-para-reduzir-gee-na-agricultura/>> Acesso em: 20 de Janeiro de 2012 às 10h20min.

RICHARDSON, R. J. *et al*. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas,1999.

RIGEL, S.T.; FERRONATO, C.; **Arranjo Produtivo Local de Bionergias: Foco em biogás para geração de energia;** 2010; Disponível em: http://www.energiarenovavel.org/index.php?option=com_content&task=view&id=694&Itemid=294. Acesso em: 05 de Março de 2012 às 22h29min.

SALES, C. A. V. B.; **Avaliação Técnico - Econômica de Rotas Tecnológicas Convencionais e Avançadas para Produção de Eletricidade Através da Gaseificação de Biomassa**, Itajubá, (2006) 172p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Itajubá.

SALGADO, V. G.; **Propostas de Indicadores de Ecoeficiência para o Transporte de Gás Natural** (Rio de Janeiro). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. COPPE. 241p. Tese (Mestrado).

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R.; **Calagem**; Agência de Informação da Embrapa; Cana-de-Açucar; Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; 2007.; Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html>; Acesso em: 18 de Janeiro de 2012 às 16h52min.

SCHMIDHEINY, S. **Cumprindo o prometido: casos de sucesso de desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Campus, 2002.

Secretaria da Agricultura Pecuária e Abastecimento do Estado do Tocantins- SEAGRO. Disponível em: <http://seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=18>;Acesso em 07 de Fevereiro de 2011, às 14h56min.

Digitized by Google

SEINFRA - Secretaria de Infra Estrutura do Estado do Tocantins. Disponível em: http://www.seinf.to.gov.br/Noticias/VisualizaNoticia.aspx?id_noticia=82. Acesso em 08 de Fevereiro de 2011, às 15h45min.

SELLTIZ, C.; *et al.*; **Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais**; São Paulo: EPU/EDUSP, 1974.

SILVA, J.G.; GRAZIANO, J.R. **A crise de energia: repensar também a pesquisa agronômica**; Ciência e Cultura, São Paulo, v.29, n.10, p.1110-1116, 1977.

SILVA, M. R.; **Avaliação de alternativa para eletrificação rural no contexto dos programas de universalização do atendimento de energia no Brasil;** Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais; 2006; Disponível em:<<http://www.cpdee.ufmg.br/documentos/Defesas/612/Dissertacao%20Marcelo%20Roger.pdf>>; Acesso em 07 de Fevereiro de 2011 às 21h48min.

SILVA, M. R.; **Avaliação de alternativa para eletrificação rural no contexto dos programas de universalização do atendimento de energia no Brasil**; Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais; 2006.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; PAVAN, A. A.; **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**; An. 5. Enc. Energ. Meio Rural ; SCIELO Proceedings; 2004.

SOUZA, V. CUNHA, V.S. RODRIGUES, J.M. **A Metrologia Química e o Desenvolvimento de Material de Referência** Certificado para Álcool Etílico Combustível: uma Ferramenta para a Competitividade no Mercado Internacional. In: IEL – Instituto Euvaldo Lodi – Álcool Combustível. Série Indústria em Perspectiva; p 168 . Brasília-DF, 2008.

Digitized by Google

STURM, A.; MÜELLER, K.; UPASENA, S. **A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators.** United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2002, 112 p. Disponível em: << http://www.unctad.org/en/docs/iteipc20037_en.pdf>> Acesso em 28 de Janeiro de 2012 às 03h35min.

SUSTAINABLE MEASURE; Disponível em < http://www.sustainablemeasures.com/Indicators/ >; Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 12h28min.

TOLMASQUIN, M. T.; **Fontes renováveis de energia no Brasil**; Rio de Janeiro. Interciência: CENERGIA, 2003. p. 1.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – (UNCTAD) / *Working Group of International Standards and Accounting (ISAR)*;2004; Disponível em: http://www.unctad.org/Templates/Startpage.asp?intItemID=2531 Acesso em 17 de Novembro de 2011 às 16h43min.

_____. UNCTAD; **A Manual for Preparers and Users for Eco-efficiency Indicators;** 2003; Disponível em: <http://www.unctad.org Acesso em 17 de Novembro de 2011 às 18h00min.

VALLE, F.; **Manual de Contabilidade Agrária.** São Paulo: Atlas; 1985.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. **Indicators of Sustainable Production: framework and methodology**. Journal of Cleaner Production, n. 9, p. 521, 2001.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. **Management of domestic wastewater for reuse in irrigation.** *Water Science Technology*, Londres, v.33, n.10-11, p.355-62, 1996.

VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. de S.; **Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial**. Revista Contabilidade & Finanças. São Paulo, v. 20,nº. 49; Apr. 2008; Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151970772009000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 de Setembro de 2011 às 18h00min.

Digitized by Google

VINHA, V.; MAY, P.H.; LUSTOSA, M. C.; Economia do meio Ambiente (Teoria e Prática). **As Empresas e o desenvolvimento sustentável: Da eco-eficiência à responsabilidade social corporativa**. Rio de Janeiro: Elsevier 2003. p. 174.

VERFAILLIE, H. A.; BIDWELL, R.; ***Measuring eco-efficiency*: a guide to report company performance.** Geneva: World Business Council on Sustainable Development (WBCSD), 2000, 40 p.

VIANA, J. G. A; SILVEIRA, V. C. P.; **Custos de produção e indicadores de desempenho: metodologia aplicada a sistemas de produção de ovinos;** 2008; Custos e Agronegócio *on line* - v. 4, n. 3. 2008.

VIEGAS, A. V.; **Manual do produtor rural: Propriedade Rural Sustentável;** s/d; Disponível em: << http://www.ambientebrasil.com.br/documentos/propriedade_rural_sustentavel_Alan_Viegas.pdf>>.Acesso em: 28 de Janeiro de 2012 às 03h30min.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD– Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável, 2000, p 15; **Measuring Eco-efficiency: a Guide to Report Company Performance.**

_____. WBCSD, 2000a, VERFAILLIE, H.A., BIDWELL, R., **Measuring Eco-Efficiency. A Guide to Reporting Company Performance.** World Business Council for Sustainable Development.

Digitized by Google

www.lifeeditora.com.br

Adquira mais livros agora mesmo em nosso site.

Esta obra foi composta em ELETRA
na primavera de 2020.

Digitized by Google

A ecoeficiência envolve a oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida. Os indicadores de ecoeficiência, quando aplicados nas propriedades rurais, podem ser usados como instrumento de mecanismo de comando e controle de uso dos recursos naturais, tendo como meta a sustentabilidade da mesma. Neste trabalho foram construídos Indicadores de Ecoeficiência Rural / Ambiental (IERA), com base em experiências do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), *Global Reporting Initiative* (GRI) e da *European Environment Agency* (EEA), adaptados e direcionados à propriedade rural. Para tal, foram formulados critérios relativos aos indicadores ecoeficientes que levaram em consideração o manejo e uso do solo, a utilização de recursos como água e energia, e as cargas ambientais relacionadas às emissões e resíduos. Obteve-se como resultados o IERAsolo, IERAenergia, IERAágua, IERAemissões, IERAresíduos. Tais indicadores foram construídos, exemplificados e sugerido como o produtor rural poderia utilizá-los como ferramenta de gerenciamento direcionado a alcançar a ecoeficiência em sua propriedade.

Esse estudo foi defendido como dissertação no Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins em 2012. Os autores fizeram pequenas modificações ao transformar em livro.

LIFE EDITORA

ISBN 978-65-5887-011-1

Digitized by Google