FLÁVIO RAFAEL BONAMIGO
YOLANDA VIEIRA DE ABREU

ANÁLISE EMERGÉTICA DO BABAÇU E DA MACAÚBA VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR

MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL

LIFE EDITORA

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

Os papéis utilizados em nossos livros são biodegradáveis e renováveis. 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 dos nossos livros é à base de soja, cujo componente é renovável e atóxico que não degrada o meio ambiente.

Digitized by Google

FLÁVIO RAFAEL BONAMIGO
YOLANDA VIEIRA DE ABREU

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

ANÁLISE EMERGÉTICA DO BABAÇU E DA MACAÚBA VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

NÚCLEO EM INTERUNIDADES EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E ENERGÉTICO.UFT-TO-BR

MESTRADO EM AGROENERGIA DA UFT - TO - BRASIL

LIFE EDITORA

Digitized by Google

Copyright © by **Flávio Rafael Bonamigo**
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
Alyne Rebeca

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)

Bonamigo, Flávio Rafael
Abreu, Yolanda Vieira de

Análise Emergética do Babaçu e da Macaúba visando a produção de biodiesel / Flávio Rafael Bonamigo e Yolanda Vieira de Abreu– Campo Grande, MS: Life Editora, 2020.

172p. : il. : 23 cm

ISBN 978-65-5887-015-9

1. Sustentabilidade 2. Emergia 3. Biodiesel 4. Babaçu, e Macaúba
I. Título

CDD - 360

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

Digitized by Google

"Como pesquisador da complexa inteligência, não me curvaria diante de nenhuma autoridade política e de nenhuma celebridade, mas me curvaria diante de todos os professores e alunos do mundo. São eles que podem mudar o teatro social. São atores insubstituíveis."

Augusto Cury

Digitized by Google

Dedicamos ao Vitor Rafael
e a Isabel Teixeira Bonamigo
representando as futuras gerações.

Digitized by Google

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo presente da vida e por ter dado sabedoria, coragem e discernimento na realização deste trabalho.

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

À todos que de forma direta ou indireta contribuíram pela concretização deste trabalho.

Digitized by Google

Lista de Símbolos e Abreviações

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
BEA: Biodiesel Etílico da Amêndoa
BEM: Biodiesel Etílico do Mesocarpo
BMA: Biodiesel Metílico da Amêndoa
BMM: Biodiesel Metílico do Mesocarpo
Ep: Energia do produto
EER: Razão de Intercâmbio de Emergia
EIR: Razão de Investimento Emergético
Emdolares: Equivalente em Moeda de um Fluxo de Emergia
ELR: Carga Ambiental
ESI: Sustentabilidade Emergética
EYR: Razão de Rendimento Emergético
F: Recursos da Economia (M +S)
ha: Hectare
I: Recursos da Natureza (N + R)
J: Joule (Joule por hectare)
J/ha/ano: Joule por hectare por ano
Kcal: Quilocaloria
Kg: Quilograma
Kg/L: Quilograma por litro
Kg m.o: Quilograma de matéria orgânica
Kj: Quilo joule
Kj/Kg: Quilo joule por Quilograma
KOH: Hidróxido de potássio
KWh: Quilowatt-hora
M: Materiais da economia
m^2: Metro quadrado
m^3: Metro cúbico
MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA: Ministério do Desenvolvimento Agrário
MEC: Ministério da Educação
MMA: Ministério do Meio Ambiente

Digitized by Google

MN: Materiais e energia não renováveis
MR: Materiais e energia renováveis
$m.s^{-1}$: Metro por segundo
N: Recursos não renováveis da natureza
NaOH: Hidróxido de sódio
PCI: Poder calorífico inferior.
PCS: poder calorífico superior
PNPB: Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel
R: Emergia dos recursos renováveis da natureza
RE: Rentabilidade econômica
S: Serviços da economia
Sej: Joule de emergia solar equivalente
sej/ano: Joule de emergia solar por ano
sej/ha/ano: Joule de emergia solar por hectare por ano
sej/$: Joule de emergia solar por dólar
sej/J: Joule de emergia solar por Joule
sej/Kg: Joule de emergia solar por Kg
SN: Serviços não-renováveis
SR: Serviços renováveis
t/ha: tonelada por hectare
Tr: Transformidade
US$: Dólares americanos
VW: Volkswagen
Y: Emergia do produto (I + F)
$: Dinheiro, como um fluxo
%R: Renovabilidade emergética

Digitized by Google

Nota dos Autores

Este livro utiliza a análise emergética para avaliação da potencialidade do sistema de produção extrativista do coco de babaçu e do coco de macaúba, visando à produção de biodiesel. Com o objetivo de avaliar o sistema quanto a sua sustentabilidade ambiental, econômica e social com o menor impacto negativo possível, nesta dissertação, foram produzidos diagramas e índices emergéticos da produção extrativista do coco babaçu e do coco de macaúba, tendo como base a área de um hectare para o cerrado brasileiro. Os diagramas emergéticos evidenciam que as palmeiras babaçu e macaúba fornecem benefícios econômicos e ambientais como: regulação da temperatura ambiente; infiltração e percolação da água no solo; impede a erosão do solo; promove a evaporação da água; fotossíntese, absorvendo CO^2 e gerando ar oxigenado; produção de biomassa e de matéria orgânica; produção de biodiesel e etanol e produtos artesanais. Os índices emergéticos calculados para o Babaçu e para a Macaúba foram: emergia total (Y); transformidade (Tr); taxa de rendimento emergético (EYR); renovabilidade (%R); taxa de investimento emergético (EIR); carga ambiental (ELR); índice de sustentabilidade emergética (ESI); e taxa de intercâmbio emergético (EER). Concluiu-se após os cálculos dos índices emergéticos que o babaçu e a macaúba têm um balanço emergético positivo para o uso econômico e social de modo equilibrado. Dos resultados finais obtidos para a produção extrativista de babaçu e macaúba, destaca-se o índice de transformidade que mostra o babaçu mais eficiente na transformação de energia e mais ecologicamente adaptado e, o índice de sustentabilidade que mostra para ambos os frutos um sistema sustentável, principalmente no longo prazo.

Esse estudo foi defendido como dissertação no Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins em 2014. Os autores fizeram pequenas modificações ao transformar em livro

Digitized by Google

Sumário

1- INTRODUÇÃO

2- REFERENCIAL TEÓRICO: ANÁLISE EMERGÉTICA, SUSTENTABILIDADE E BIODIESEL
2.1 Análise Emergética: Teoria, Conceito e Aplicabilidade..
2.1.1 Avaliação emergética
2.1.2 Exemplos do uso da análise emergética em sistema agrários
2.2 Sustentabilidade, Recursos Naturais Renováveis e Não Renováveis e sua Exploração
2.2.1 Conceito de sustentabilidade
2.2.2 A economia e a sustentabilidade
2.3 Biodiesel
2.3.1 Conceito e fontes oleaginosas vegetais
2.3.2 Considerações sobre o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB

3- BABAÇU E MACAÚBA: DESENVOLVIMENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COPRODUTOS
3.1 Desenvolvimento, Características Físico-Químicas e Coprodutos.
3.2.1 Origem e distribuição
3.2.2 Clima e solo
3.2.3 Características da planta
3.2.4 Propagação
3.2.5 Tratos culturais
3.2.6 Pragas e doenças
3.2.7 Colheita e produtividade
3.2.8 Produtos do babaçu
3.2.9 Extração do óleo/processamento
3.2.10 Características do óleo de babaçu
3.2.11 O babaçu no contexto social e ambiental
3.3 Macaúba
3.3.1 Origem e distribuição
3.3.2 Clima e solo
3.3.3 Características da planta
3.3.4 Propagação
3.3.5 Tratos culturais

Digitized by Google

3.3.6 Pragas e doenças
3.3.7 Colheita e produtividade
3.3.8 Produtos da macaúba
3.3.9 Extração do óleo/procedimentos
3.3.10 Características do óleo de macaúba
3.3.11 A macaúba no contexto social e ambiental

4- MÉTODOS E MATERIAIS
4.1 Caracterização da Área de Estudo
4.2 Procedimentos de Avaliação De Emergia do Coco do Babaçu e da Macaúba
4.2.1 Análise emergética e seus diagramas
4.2.2 Representação matemática
4.3 Modificações utilizadas na Metodologia Emergética

5– RESULTADOS E DISCUSSÃO
5.1 Babaçu: Análise Emergética Exploratória e Explanatória
5.2 Macaúba: Análise Emergética Exploratória e Explanatória
5.3 Contexto Geral dos Diagramas da Análise Emergética
5.4 Índices Emergéticos
5.4.1 Produção extrativista: babaçu e macaúba no cerrado brasileiro
5.4.2 Avaliação emergética: babaçu e macaúba
5.4.3 Índices emergéticos: cálculos e interpretação

6- CONCLUSÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apêndice 1: Símbolos Utilizados Nos Diagramas Ecossistêmicos
Apêndice 2: Memória De Cálculos Tabela 5.1
Apêndice 3: Memória De Cálculos Tabela 5.2
Apêndice 4: Memória De Cálculos Tabela 5.3
Apêndice 5: Memória De Cálculos Tabela 5.4

Digitized by Google

INTRODUÇÃO

Na evolução histórica da humanidade, a busca pela sobrevivência e pelo poder sobre o outro sempre estiveram entre os assuntos primordiais do cotidiano da natureza Humana. O conhecimento da produção, uso e distribuição da energia, sempre foi um fator determinante de supremacia e poder entre a humanidade.

De acordo com Goldemberg (2010, p. 13) energia pode ser conceituada de forma geral como "capacidade de produzir transformações num sistema". Para Horta Nogueira (2006, p. 13) uma definição mais usual de energia diz que "energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho". O autor ainda comenta que, esta definição não contempla todos os tipos de energia, ficando restrito à energia elétrica e à mecânica, que em princípio se convertem em outras formas de energia por completo. Mas, quando se aplica ao calor, esta forma de energia se converte em trabalho apenas em parte, e não por completo. Isto se explica da seguinte forma: quando o calor está próximo à temperatura ambiente, pouco vale como trabalho.

Uma definição de energia que é considerada mais correta, isenta e completa, foi proposta por Maxwell, (1872, apud HORTA NOGUEIRA, 2006, p. 14), "energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste à essa mudança".

> Surge claramente a utilidade de se denominar de energia primária aquela diretamente apropriada da natureza, como petróleo, o carvão, a energia hídrica, a solar, a eólica. Chamamos de energia secundária aquela obtida de uma fonte primária por um processo de transformação. Tal é o caso da energia elétrica obtida da hídrica nas centrais hidrelétricas ou dos combustíveis fosseis nas termoelétricas. Também pode ser classificada de energia secundária a dos derivados de petróleo: GLP, gasolina, diesel, querosene, óleo combustível. Como este último é usado nas termoelétricas a óleo, neste caso a energia elétrica poder-se-ia denominar de terciária. (PINGUELLI ROSA, 1985, p. 25).

Digitized by Google

Contudo, o que se apresenta como a forma de energia para a sociedade, é aquilo que está contido na denominação citada acima, é a energia final e útil nas atividades humanas. De acordo com Pinguelli Rosa (1985), é a energia que se consome em aparelhos domésticos ou em máquinas e equipamentos industriais, proporcionando lazer ou produzindo serviços que substituem trabalho humano. Neste contexto, Brown et al., (2000, p. 237), "emergia é toda a energia disponível que foi utilizada de forma direta e indireta para a obtenção de um produto.

O que se busca na atual conjuntura da sociedade, são formas de se obter energia que substitua a energia secundária, derivada do petróleo, e que contemple nesse processo o tripé da sustentabilidade: o social, o econômico e o ambiental (PINGUELLI ROSA, 1985).

Uma alternativa aos combustíveis fósseis, principal fonte de energia utilizada no mundo atualmente, é a energia produzida por meio da biomassa. A partir desta, pode-se produzir biodiesel, etanol, energia elétrica, gases para processos e outros. Estes produtos pertencem a agroenergia, conceituada como:

> [...] a produção de energia a partir da agricultura. Compreende tanto a produção de matérias-primas (cana-de-açúcar, florestas cultivadas para a produção de carvão vegetal e as diferentes oleaginosas), como também o aproveitamento de subprodutos ou resíduos de biomassa na atividade agropecuária (palha e bagaço da cana, casca de arroz, resíduos florestais e resíduos de origem animal, como a gordura e o biogás de dejetos suínos). (PLANO AGRÍCOLA 2005-2006, p. 27).

Destarte, a agroenergia possui um campo com grande diversidade de biomassa, matéria-prima potencial para a produção de energia. Dentre estas, encontram-se as oleaginosas produtoras do óleo vegetal, que através de processos químicos se transforma em biodiesel. Porém, em alguns casos, esse óleo vegetal pode, também, ser utilizado *in natura* sem nenhum processo de transformação mais sofisticado ou elaborado.

No Brasil há diversas matérias-primas potenciais para se produzir biodiesel, tais como: soja, girassol, algodão, pinhão-manso, mamona, amendoim e, fazem parte deste conjunto de vegetais os frutos do cerra-

Digitized by Google

do, como o babaçu e a macaúba (BRASIL, 2003).

A presente dissertação tem como objetivo analisar as potencialidades do babaçu e da macaúba, para produção de biodiesel utilizando-se da análise emergética. Optou-se por utilizar como ferramenta este tipo de análise por contemplar a sustentabilidade social, ambiental e econômica. Tal ferramenta é composta de diferentes índices tais como: emergia total (Y), transformidade (Tr), taxa de rendimento emergética (EYR), renovabilidade (%R), taxa de investimentos emergéticos (EIR), carga ambiental (ELR), índice de sustentabilidade emergética (ESI) e taxa de intercâmbio (EER). O conceito de análise emergética foi desenvolvido por Odum em 1996, em sua obra: *Environmental accounting, emergy and decision making*, e tem sido amplamente utilizada em pesquisas sobre índices para avaliação da eficiência e impacto ambiental de sistemas agrícolas (SCHMITT, 2009). No Brasil, um dos principais representantes desta linha de pesquisa é o Professor Ortega (Enrique Ortega da Universidade Estadual de Campinas – São Paulo – BR), que fez modificações e adaptações no sistema de cálculos dos índices emergéticos construídos por Odum. Diante disso, adota-se neste estudo os índices criados por Odum e também os modificados por Ortega. O estudo deste tema se justifica por analisar a extração do babaçu e da macaúba destinados à produção de biodiesel, buscando apontar os impactos produzidos pelo extrativismo destes frutos do Cerrado, no meio ambiente, no sistema econômico e social. Os índices que forem desenvolvidos e aplicados poderão servir de base para ampliar os conhecimentos existentes sobre estas palmeiras e de orientação para a tomada de decisões futuras, referente a estratégia de destiná-los a produção de energia.

Esse estudo tem como meta estudar o seguinte problema: Como construir os diagramas e adaptar os índices emergéticos para a análise da extração do babaçu e macaúba destinados para a produção do biodiesel?

O objetivo principal do estudo foi utilizar a análise emergética para avaliar as potencialidades do babaçu e da macaúba e tudo que os envolve até a porta da usina de biodiesel, inclusive seus usos alternativos e os possíveis aproveitamentos de seus resíduos.

Os caminhos escolhidos para chegar à solução do problema e do

Digitized by Google

objetivo principal foram os seguintes:

- √ Descrever as características do babaçu e da macaúba e analisar suas potencialidades para a produção do biodiesel.
- √ Descrever as diversas vertentes de análise emergética possíveis para a matéria-prima extrativa, como babaçu e macaúba.
- √ Construir os diagramas emergéticos para os fluxos energéticos referentes à extração do babaçu e da macaúba para a produção do biodiesel.
- √ Calcular os índices emergéticos de transformidades, renovabilidade emergética, índice de rendimento emergético, índice de investimento emergético, taxa de intercambio emergético, índice carga ambiental e índice de sustentabilidade, referentes ao babaçu e a macaúba para a produção do biodiesel.

Esse estudo foi dividido em seis capítulos, sendo este o primeiro, O segundo versa sobre a fundamentação teórica sobre a análise emergética com todas as suas características e aplicações; conceitos de sustentabilidade e seus fundamentos; descrição sucinta sobre o conceito de biodiesel e seu programa. O terceiro capítulo traz as características do babaçu e da macaúba em seus mais variados aspectos. No quarto capítulo descreve a metodologia e o método utilizado para análise emergética do Babaçu e Macaúba. No quinto capítulo, aplica-se a análise emergética com a construção dos diagramas e dos índices emergéticos, apresentando-se os resultados e a discussão dos mesmos. O sexto capítulo contém a conclusão.

Digitized by Google

2- REFERENCIAL TEÓRICO: ANÁLISE EMERGÉTICA, SUSTENTABILIDADE E BIODIESEL

2.1 Análise Emergética: teoria, conceito e aplicabilidade

A análise emergética conhecida, também, como memória energética é um método que avalia de forma integral e sistêmica a sustentabilidade. (ORTEGA et al., 2010). Assim, emergia é uma medida universal da riqueza real do trabalho, da natureza e da sociedade feita em uma base comum (ODUM; BROWN; BRANDT-WILLIAMS, 2000).

Segundo Agostinho (2009), o poder público tem tido dificuldade de considerar os impactos ambientais em suas decisões devido a pouca quantidade e qualidade de informações que o mesmo possui. Faz-se necessário desenvolver ferramentas capacitadas para realizar diagnósticos ambientais de forma rápida e eficiente, que contabilize tanto a energia provinda dos recursos da economia como da natureza, na produção de bens e serviços.

Os cálculos de emergia utilizados na produção e armazenamento, fornecem uma base para se fazerem escolhas no ambiente econômico e de políticas públicas, para maximizar a utilização na produção da riqueza real. (ODUM, 2000).

Neste contexto Ortega et al., (2010), observa que esta metodologia se utiliza de índices para planejar agroecossistemas e propor políticas públicas, objetivando o desenvolvimento de sistemas com produção sustentável, tomando-se como base os princípios da Agroecologia.

Para Odum (2000) a emergia, além de ser uma medida da riqueza real, é definida como a soma da energia disponível de um tipo, adquirida anteriormente de forma direta e indireta através de vias de entrada, para fazer um produto ou serviço.

Segundo Ortega et al., (2010) a fonte de energia mais abundante existente na Terra provém do sol, que possui forma dispersa no espaço e

Digitized by Google

no tempo, com baixa qualidade quando comparada com a qualidade de outras fontes de energia derivada dela mesma. A cada etapa de transformação da energia em outro tipo diferente, certa quantidade de energia é degradada, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, e a quantidade de energia que remanesce conhecida como exergia, é menor; contudo, a qualidade da energia aumenta (emergia), em relação à etapa anterior. Assim, muitos Joules de energia menos concentrada são previamente utilizados para produzir um Joule de energia mais concentrada.

De acordo com Goldemberg (2010), a manifestação da energia se dá de diversas formas, entre elas se tem a energia de radiação, a química, nuclear, térmica, mecânica, elétrica, magnética e a elástica. Todas essas formas de energia podem ser convertidas umas nas outras, com uma característica que é fundamental, a energia se conserva nessas transformações. O fato de se conservar a energia elimina, por completo, a possibilidade de se produzir um equipamento que se movimente de forma indefinidamente, sem que para isso, se tenha uma forma de energia que o alimente de maneira constante. Foi daí que surgiu a primeira lei da termodinâmica.

Partindo do postulado da lei da conservação da energia ou primeira lei da termodinâmica, não há como criar energia e nem destruí-la, salvo em casos que ocorrem reações atômicas ou nucleares e, sendo assim, se pode observar a transformação de massa em energia. Portanto, se pode mostrar que a soma de massa e energia no universo é uma constante. Como energia nunca desaparece, apenas muda de forma, quando se usa a palavra consumo, se faz referência verdadeiramente apenas ao aporte de energia (HORTA NOGUEIRA, 2006).

Neste contexto Ometto (2005), comenta que, as transformações energéticas não são regidas somente pela primeira lei da termodinâmica, pois se fossem, não haveria problemas em usar e reusar a mesma energia por várias vezes.

Para Horta Nogueira (2006), a segunda lei da termodinâmica, ou:

> Lei da Dissipação da energia, segundo a qual, em todos os processos reais de conversão energética, sempre deve existir uma parcela de energia térmica como produto. Por exemplo, se o objetivo do

Digitized by Google

> processo é transformar energia mecânica em calor, tal conversão pode ser total, [...] mas se o propósito for o inverso, a conversão de energia térmica em energia mecânica será sempre parcial, pois uma parcela dos resultados deverá sempre ser calor. [...] existem inevitáveis perdas térmicas nos processos de conversão energética, que se somam às outras perdas inevitáveis decorrentes das limitações tecnológicas e econômicas dos sistemas reais, tais como isolamento térmico imperfeito, atrito, perdas de carga e inércias, entre outras. (HORTA NOGUEIRA, 2006 p. 24).

Destarte, na transformação de energia de uma forma para outra, contabiliza-se sempre perdas durante o processo, ocorrendo alterações em sua qualidade. Pinguelli Rosa (1985), cita que para a conversão de energia existem os centros de transformação, que são as centrais elétricas, as destilarias de álcool, as carvoarias, as refinarias de petróleo entre outras. No processo de transformação, além das perdas existe o autoconsumo, o transporte e a distribuição de energia até ao consumo final, que por sua vez, também, tem perdas. Neste âmbito, Bôa Nova (1985), comenta que quanto a transformação de calor para outras formas de energia, só é possível em parte. Restando sempre uma parcela que não pode ser mais resgatada, é a energia degradada, dissipada, é o empobrecimento na qualidade energética.

Parte da energia que se dissipa se acumula no ambiente e, pode produzir ameaças aos ecossistemas nas formas de poluição ou degradação do meio ambiente (OMETTO, 2005).

> A cada transformação da energia em outro tipo diferente, certa quantidade de energia é degradada (2ª lei da termodinâmica) e a quantidade de energia remanescente (exergia) é menor; contudo, a qualidade da energia aumenta (emergia), em relação à etapa anterior. (ORTEGA et al., 2010, p. 2).

Entende-se que, exergia é a soma das energias disponíveis de todos os tipos e, emergia é toda a energia disponível que foi utilizada para a obtenção de um produto, incluindo os processos da natureza e dos humanos. "Essencialmente, emergia pode ser concebida, como a memória energética de um sistema, pois ela representa toda a energia in-

Digitized by Google

corporada de um sistema antrópico ou natural" (SCIENCEMAN 1989 apud OMETTO, 2005, p. 82).

A emergia é usada no mundo para medir o trabalho da natureza e da sociedade em uma base comum, expressa em Joules de energia solar equivalente (seJ, emjoule), para distingui-la do Joule. Para que um recurso se torne valioso, é necessário o trabalho da natureza e do homem. (ORTEGA et al., 2010). Como por exemplo, um metro cúbico de água da chuva, que cai sobre a terra, tem conteúdo de emergia solar de $7{,}5x10^{10}$ em joules solares. Isso significa que $7{,}5x10^{10}$ joules solar de energia estavam diretamente e indiretamente envolvidos em trazer esta água da chuva para a terra. (ODUM, 1991). Neste contexto, Agostinho (2009) observa que, a metodologia emergética converte cada fluxo de massa e energia em somente uma unidade, possibilitando análises com maior profundidade.

Segundo Cavalett (2008), a metodologia emergética, tem o objetivo de analisar os fluxos de energia e dos materiais nos sistemas produtivos dominados pelo homem, mostrando o quanto estes são dependentes das fontes de energia naturais e fósseis e, revelar a interação entre os sistemas da economia e os ecossistemas. A análise emergética trata de contabilizar valores das energias naturais incorporadas aos produtos, serviços e processos que normalmente a economia clássica e a análise de energia incorporada não contabilizam.

O método da emergia considera todas as fontes de energia externas ao ciclo, sendo fontes renováveis e não renováveis, que são utilizadas nos diferentes tipos de processos. Dessa maneira, pode estabelecer a quantidade de energia usada em diferentes processos e obter uma certificação energética, que se usa para comparar as eficiências de processos (OMETTO, 2005).

Todos os insumos usados na produção de certo produto são considerados na análise, incluindo as contribuições da natureza (sol, chuva, vento, água de rios, poços e nascentes, formação do solo e biodiversidade) e as fornecidas pela economia (máquinas, combustível, mão de obra, materiais, serviços e pagamentos em moeda) e, em certos casos se inclui as externalidades negativas (erosão do solo, tratamentos médicos

Digitized by Google

das pessoas envolvidas nas atividades, perda da biodiversidade) (CAVALETT, 2008).

Os resultados são apresentados por meio de índices emergéticos, que produzem uma imagem dinâmica dos fluxos anuais dos recursos naturais fornecidos pela natureza, utilizados pelo homem na geração de bens de uso pela sociedade, bem como revela os impactos das atividades antrópicas nos ecossistemas (COMAR, 1998). Com esta técnica de contabilização os tomadores de decisão possuem os dados necessários para tirar conclusões certas e decidir precisamente.

De acordo com Ortega (2002, p. 2):

> Se considerarmos que há energia disponível em tudo aquilo que é reconhecido como um ente na Terra (e no Universo), inclusive a informação, a energia poderia ser usada para avaliar a riqueza real em uma base comum. ***Para resolver o problema de agregar as calorias de tipos diferentes de energia, poderia usar-se a emergia***, que reconhece e mede a hierarquia universal de energia. Para reconhecer a qualidade e funcionalidade diferente de cada tipo energia, que depende do trabalho prévio de geração desse recurso pensou-se em um ***fator de conversão de energia***. A emergia de um tipo, transformadas em uma unidade de energia de outro tipo, chama-se **transformidade**. (grifos do autor).

Entende-se que, a energia por fazer parte de tudo o que existe, pode ser utilizada como medida universal de valor e ser contabilizada, assim, servir de base para a tomada de decisões no âmbito social, ambiental e econômico. Para tanto, converte todos os dados de energia em uma base comum, a emergia, através da transformidade.

2.1.1 Avaliação emergética

Segundo Ortega (2002), na economia convencional, um produto tem seu preço estabelecido levando em conta os custos dos insumos, da mão de obra, outros serviços e da margem de lucro estabelecida pelo produtor. Desta forma, ficam excluídos os custos das externalidades negativas no sistema regional e, também não leva em conta as despesas produzidas pela exclusão social na sociedade local gerada pela

Digitized by Google

instalação e funcionamento do empreendimento, que são pagos pela sociedade local, bem como as contribuições da natureza. A metodologia emergética tem como proposta contabilizar as contribuições envolvidas no processo produtivo. Assim, na analise emergética, são considerados todos os insumos, inclusive as contribuições da natureza, como a chuva, o solo, a água dos poços, rios e nascentes, a biodiversidade, os sedimentos e, os insumos fornecidos pela economia, os materiais, a maquinaria, o combustível, os pagamentos em moeda, os serviços e assim por diante, em termos equivalentes de emergia solar agregada (OMETTO et al., http://www.unicamp.br/unicamp/search/google/MINI-USINAS).

Para elaborar essas medidas e considerar todas as contribuições, a metodologia emergética, (desenvolvida por Odum 1996), faz uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, e da Biologia. No início usava-se o termo "energia incorporada" para denotar calorias ou joules de um tipo de energia, necessário para produzir outro tipo de energia. Por ser este nome usado por outros cientistas em conceitos diferentes, em 1983 Odum e Scienceman, escolheram o nome de emergia, a partir de então, outros estudos científicos apresentados em artigos e livros, passaram a utilizar o termo emergia com o significado de memória emergética (ORTEGA, 2002).

A metodologia emergética tem o procedimento de aplicação dividido em três principais etapas, que deve seguir a seguinte ordem: 1) Faz-se o desenho dos fluxos de energia para que se possam reconhecer os principais componentes do sistema. 2) Em uma tabela organizam-se os dados para avaliação de emergia. 3) Realiza-se aos cálculos e a interpretação dos índices emergéticos quantitativos, fazendo-se indicações de medidas a serem tomadas para melhorar o sistema produtivo em pauta (CAVALETT, 2008).

• ***Primeira etapa da avaliação emergética***

Durante a primeira etapa para uma avaliação emergética, é essencial identificar os componentes do sistema em estudo, conhecendo as entradas e saídas do sistema, na sequência desenha-se o diagrama ecossistêmico (Figura 2.1) de cada objeto em estudo (AGOSTINHO, 2005).

Digitized by Google

Para melhor compreensão da metodologia, Odum (apud Brandt--Williams e Odum: In ORTEGA 2003) desenvolveu símbolos gráficos (ver Apêndice 1) utilizados para representar a linguagem emergética, emprestando símbolos de outras ciências e criando outros para identificar funções e relações internas dos diagramas sistêmicos. Dentro dos diagramas são apresentados os limites do sistema em estudo, as funções externas ao sistema, os componentes internos, os caminhos seguidos pelos fluxos de massa e energia, inclusive as funções de retroalimentação dos processos em curso. O diagrama abrange tanto os recursos da economia bem como os do ambiente do sistema e mostra todas as interações relevantes. É de suma importância conhecer os símbolos e seus significados para que se possa compreender e apreciar o funcionamento do sistema pesquisado.

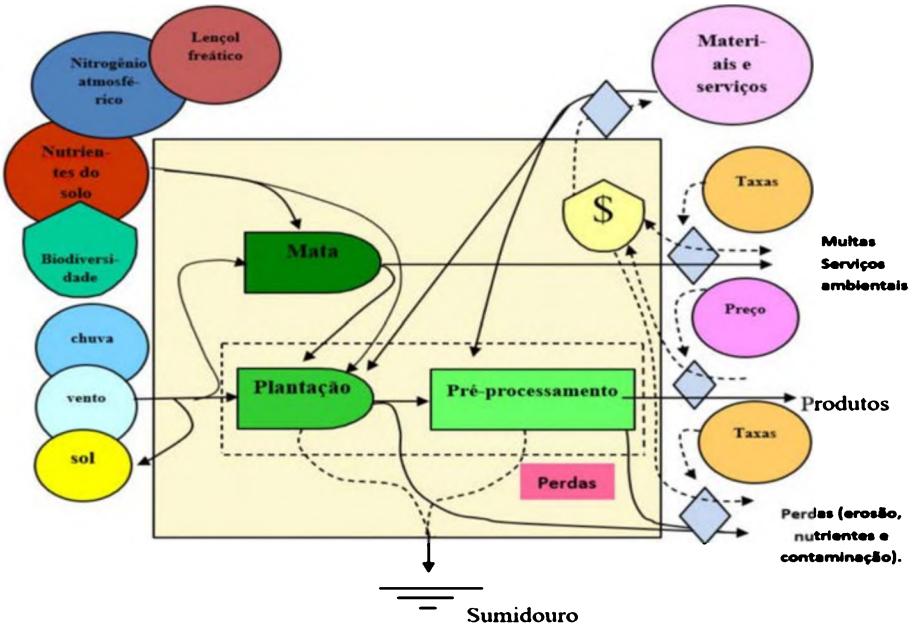


Figura 2.1. Diagrama de fluxos de energia de um sistema produtivo genérico. Adaptado de Ortega (2002).

Necessariamente o diagrama de fluxos de energia ou, também, como é conhecido, diagrama sistêmico, deve representar o sistema estudado. Devem estar contidos os fluxos de energia externos que o sistema depende e os fluxos internos. À medida que se direciona da esquerda para a direita do diagrama, os fluxos de energia são mais concentrados e

Digitized by Google

de maior complexidade. Os fluxos mais dispersos e com menor intensidade ficam a esquerda do diagrama. A energia disponível é transformada dentro de um processo de interação em uma energia de menor quantidade, mas de maior qualidade que será utilizada numa etapa seguinte (SOUZA, 2010).

Uma forma resumida, (vista na Figura 2.2) representa um sistema produtivo com as contribuições da natureza e da economia.

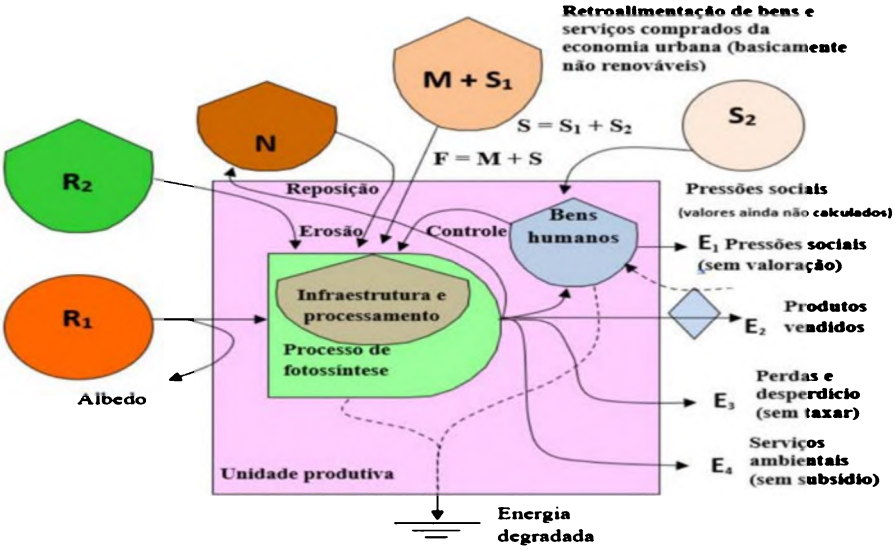


Figura 2.2. Diagrama resumido do sistema,
Fonte: Adaptado de Ortega (2002).

R_1 = energia solar, lunar e calor interno da terra (recursos renováveis diretos).
R_2 = recursos renováveis da biosfera e da região.
N= fontes não renováveis da natureza: destruição do capital biológico local.
$R = R_1 + R_2$ –> recursos renováveis da natureza.
I = R + N –> contribuições da natureza.
S = serviços.
M = materiais.
F = M + S –> recursos da economia.
Y = I + F –> emergia incorporada.

Nesta primeira etapa da análise emergética, são apresentados todos os fluxos energéticos envolvidos no sistema em análise. Tanto os fluxos

Digitized by Google

de energia da natureza como os da economia e sua interação. Na saída à direita do diagrama, são apresentados os resultados do sistema, denominados em forma de perdas, de produtos ou serviços para a sociedade.

• ***Segunda etapa da avaliação emergética***

Na segunda etapa se faz a conversão de cada linha dos fluxos de entrada do diagrama em uma linha de cálculo dando entrada na tabela de avaliação emergética. Cada linha da tabela é vista como um percurso para entrar no diagrama do sistema em estudo (AGOSTINHO, 2009). De acordo com Ortega (2002), cada um dos fluxos é convertido em uma linha curva que parte da fonte de emergia e vai até ao componente ou aos componentes que a usam. A partir daí, cada fluxo se converte em uma linha de cálculo na tabela 2.1 de avaliação emergética. Tal tabela tem como meta servir de exemplo, ilustração ou de modelo para executar futuros cálculos da avaliação dos índices emergética da análise emergética.

Tabela 2.1: Esquema de organização de uma tabela de cálculo dos fluxos emergéticos.

Notas (1)	Contribuições (2)	Valores (3)	Unidade (4)	Transformidades (5)	Fluxos de Emergia (6)
	R: Recursos da natureza renováveis				
	N: Recursos da natureza não renováveis				
	M: Materiais da economia				
	S: Serviços da economia				
	Y: Total de emergia				

Fonte: Agostinho, 2009

A coluna (1) fornece o referencial numérico para a nota explicativa da memória dos cálculos apresentados na tabela. Na coluna (2), são apresentadas todas as entradas do sistema seguindo a classificação de acordo com a tabela acima em:

- Recursos Naturais Renováveis (R); estes recursos encontram-se na natureza, como a radiação solar, o vento, a chuva, o solo (quando explorado adequadamente), entre outros, que sua re-

Digitized by Google

posição acontece num curto prazo de tempo.

- Recursos Naturais Não-Renováveis (N); também são encontrados na natureza, porém não podem ser substituídos ou são repostos de forma muito lenta, como o petróleo, gás natural, carvão, solo (quando usado de forma inadequada), entre outros.
- Materiais (M); são caracterizados por produtos comprados no mercado local, tais como fertilizantes, sementes, medicamentos, entre outros. Contabiliza-se também nos materiais a depreciação das instalações e dos equipamentos utilizados durante o processo produtivo.
- Serviços (S); sua obtenção é na economia, como a mão de obra, multas, taxas, impostos, telefone, entre outros, são contabilizados em serviços.

Na coluna (3), apresenta-se os valores numéricos de cada uma das entradas nas unidades usuais (quilogramas, gramas, joules e valor monetário) específicas de cada fluxo da coluna (4). Nos sistemas agrícolas se tem por hábito utilizar como referência também a unidade de área considerada no estudo (hectare). A coluna (4) contém as unidades dos valores da coluna (3). Na coluna (5), colocam-se as transformidades ou a emergia por unidade (sej/kg, sej/J ou sej/US$), para cada fluxo da coluna (3). Este valor constará como informação citada para esta linha na nota de pé da página e será citada a fonte. A unidade da transformidade depende da unidade da coluna (4). Os fluxos de emergia são apresentados na coluna (6), e são os resultados da multiplicação dos fluxos de entrada pela transformidade correspondente. Os valores obtidos pelos cálculos correspondem ao fluxo de emergia e são expresso em seJ/ano.

Os valores da coluna (3) são apresentados em moeda do país/ano. De acordo com a taxa de câmbio do país, estes valores são convertidos em dólares e multiplicados pela proporção de emergia/dinheiro (seJ/$) característico da economia do país para o ano. Sendo que, as razões emergia/dinheiro de cada país são resultados de estudos emergéticos da sua própria economia (ODUM, 2000; ODUM et al., 2001; COELHO et al., 2003; apud PEREIRA, 2008).

A quarta coluna indica, onde se apresentam as transformidades

Digitized by Google

em seJ/unidade, que apontam a qualidade de energia solar incorporada a cada recurso durante o processo de formação ou obtenção ou de produção. Seja de produto ou serviço, que provenha da natureza ou da atividade da economia, os valores são específicos e obtidos a partir da avaliação emergética de cada recurso. Muitos valores de transformidade já estão calculados e divulgados por diversos autores e estão disponíveis em várias tabelas (ODUM, 1996; ODUM, 2000; ODUM et al., 2001 apud PEREIRA, 2008). Neste contexto, Coelho; Ortega e Comar (2003) lembram que mesmo assim, com frequência durante a elaboração e avaliação de emergia, depara-se com ausências de dados específicas e, nesta situação, devem-se utilizar valores de transformidades de recursos, serviços ou de produtos que melhor se aproximam da situação em análise.

Como resultados desta etapa, são apresentados os valores dos fluxos nos cálculos referentes a análise emergética do sistema em estudo. Apresentam-se os valores dos recursos renováveis, com sua fração de renovabilidade e, os não renováveis (da natureza e da economia) envolvidos na produção, bem como, quais os insumos contribuem com maior volume no processo produtivo em forma de porcentagem. A tabela ainda traz o total da emergia do sistema. Neste sentido, a tabela é fundamental para a realização da próxima etapa da análise emergética.

• ***Terceira etapa da avaliação emergética***

A terceira etapa da avalição emergética, se trata de obter os índices emergéticos a partir da avaliação dos fluxos de emergia (CAVALETT, 2008). Neste contexto, Albuquerque (2006), lembra que os índices emergéticos são calculados com os resultados que se apresentam na tabela de avaliação dos fluxos de emergia e se utiliza para fazer as devidas interferências da análise de emergia do sistema em estudo. Neste cenário Kamiya (2005), acrescenta que na comparação de dois sistemas alternativos é considerado melhor aquele que contribui a melhor parte da emergia a economia pública e minimiza as perdas ambientais. Na análise de um único sistema o julgamento do sucesso se dá em relação à economia do qual está colocado, determinando quanto a sua intensidade emergética chega próximo da economia local, e se o sistema atenua

Digitized by Google

os danos ambientais.

Os índices emergéticos desenvolvidos por Odum são os seguintes:

1) Transformidade (Tr): considerado o primeiro índice, é o que avalia a qualidade do fluxo de energia e pode-se compará-lo com as transformidades de outras formas de energia e outros sistemas. A transformidade solar de um recurso gerado por um sistema é o quociente da emergia requerida (Y) pela energia do produto ou serviço (ep), isto é, Tr = Y/ep. Sendo que sua unidade é expressa em emergia por unidade de energia, (sej/J), massa, (sej/kg), ou dinheiro, (sej/US$) (AGOSTINHO, 2005). A transformidade do sistema é também, um índice do valor real do produto (ORTEGA et al., 2010).

2) Renovabilidade Emergética (%R): utiliza-se este índice para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção, é expresso em porcentagem, sendo definido como a razão entre emergia dos recursos naturais renováveis utilizados (R) e a emergia total usada pelo sistema (Y), isto é, %R = R/Y x 100 (AGOSTINHO, 2005). De acordo com Ortega et al., (2010), sistemas produtivos com alta renovabilidade acabam prevalecendo no longo prazo em relação aos sistemas com índice baixo.

3) Índice de Rendimento Emergético (EYR): é uma medida da incorporação de emergia da natureza, sendo expresso como a relação do total de emergia investida (Y) por unidade de retorno econômico (F), isto é, EYR = Y/F. Sendo a variável (F) que considera os materiais (M) e os serviços (S) utilizados no sistema. Este índice emergético indica quanta energia primária é disponibilizada para a economia que consome o produto, é um índice que mostra se o processo retorna ao setor econômico mais emergia do que adquire (AGOSTINHO, 2005). De acordo com Ortega et al., (2010), quando EYR for igual a um (EYR=1), é o indicativo que a emergia dos recursos locais é exatamente igual à quantidade de emergia que tem sua origem na economia. Assim, pode-se concluir que o sistema não tem nenhum potencial de contribuição para o crescimento econômico. De acordo com Brown e Ulgiati (2004 apud ORTEGA et al., 2010), a energia líquida de contribuição segue uma escala onde, é pequena quando: $1 < EYR < 2$; moderada: $2 < EYR < 5$; e, alta: $EYR > 5$. Os sistemas que apresentam $EYR > 5$ apresentam

Digitized by Google

potencial de contribuição de forma significativa para o crescimento socioeconômico.

4) O Índice de Investimento Emergético (EIR): mede o investimento da sociedade em relação a contribuição da natureza na produção de um certo produto. Este índice se obtém com a divisão do investimento emergético entre a emergia da economia externa (F) e os insumos provenientes da natureza (I), isto é, EIR =F/I (AGOSTINHO, 2005). Neste contexto, Ortega et al., (2010), o menor valor de EIR indica menor gasto de emergia não renovável, condição que diminui o custo de produção e condiciona melhor desempenho no mercado. Pode ser interpretado como um índice de competitividade, com o índice (EIR) menor, se tem maior competitividade.

5) Taxa de Intercâmbio (EER): este índice é obtido pela divisão da emergia do produto pelo valor de emergia do pagamento (emergia/dinheiro), onde a emergia contabiliza todas as fontes energéticas utilizadas pelo sistema natureza e economia do país em determinado ano, e o dinheiro é o produto nacional bruto (PNB), este na taxa média anual (AGOSTINHO, 2005). De acordo com Cavalett (2008), é obtido por EER = Y / [produção x preço x (emergia/US$)]. Para Ortega et al., (2010), quando EER igual a um, o produtor e o consumidor estão em igualdade na quantidade de emergia, indicando que nenhum obtém vantagem relativa sobre o outro. Quando EER é menor que um, o produtor tem vantagem sobre o consumidor. E, quando se tem EER maior um, o produtor perde emergia, empobrece; ou seja, a razão emergética está beneficiando o consumidor.

6) Índice Carga Ambiental (ELR), é o indicativo do estresse que o sistema impõem sobre o ambiente. Na teoria, ELR = 0 (zero) indica ecossistemas naturais maduros. Quanto maior a ELR, devido ao uso de recursos não renováveis, maior é a distância entre os sistemas de produção e os ecossistemas locais. ELR = (N + F) / R (ORTEGA et al., 2010).

7) Índice de Sustentabilidade (ESI), avalia a contribuição do sistema para a economia por unidade de carga ambiental. O índice menor que um, indica quando o sistema não é sustentável, quando é maior que um, contribui para o crescimento econômico sem grandes perturbações

Digitized by Google

ambientais, entre um e cinco aponta a sustentabilidade no médio prazo e, acima de cinco no longo prazo, ESI = EYR / ELR (ORTEGA et al., 2010).

Nesta terceira etapa, a análise emergética traz os resultados finais do processo produtivo do sistema em estudo. É possível identificar com os resultados dos cálculos dos índices e, sua análise e interpretação, o quanto o sistema é viável do o ponto de vista ambiental, econômico e social. As duas etapas que antecede a esta, são fundamentais para a construção destes índices, visto que, os índices são obtidos a partir dos dados construídos na tabela e, esta tem como base sua estrutura no diagrama construído na primeira etapa da análise emergética.

2.1.2 Exemplos do uso da análise emergética em sistema agrários

A aplicação da metodologia da análise emergética permitiu a Cavalett (2004), avaliar os aspectos ambientais, econômicos e sociais de dois sistemas de produção aquícola, a piscicultura integrada com criação de suínos em Santa Catarina e os pesque pagues em São Paulo. Os índices emergéticos revelaram alguma semelhança com sistemas de produção convencionais, porém os sistemas analisados mostraram-se menos dependentes de recursos naturais não renováveis que outros sistemas de produção animal. Estes índices tem sua utilidade nas discussões e formulação de políticas públicas para o setor de aquicultura, na descoberta de melhores práticas de manejo dos sistemas e melhor gestão de bacias hidrográficas.

Outro trabalho de Cavalett (2008) teve como objetivo avaliar o ciclo de vida da soja para quantificar as cooperações ambientais e econômicas necessárias de cada fase de produção, transporte e industrialização da soja e seus principais produtos. Neste trabalho Cavalett fez uso da análise de energia incorporada, a análise de intensidade de materiais e análise emergética, bem como da avaliação de índices econômicos e sociais. Na metodologia da análise emergética, ficou revelado que a produção de biodiesel de soja convencional não é uma alternativa sustentável, resultando num índice emergético de renovabilidade igual a

Digitized by Google

31% no fornecimento de energia para a sociedade, porém os resultados ainda mostram que é possível produzir soja em sistemas alternativos com maior sustentabilidade com redução dos impactos ambientais negativos. Ainda de acordo com o autor, as metodologias utilizadas no estudo foram apropriadas para quantificar os fluxos de massa, energia e emergia envolvida em cada fase do ciclo de vida dos sistemas estudados. Revelando, os resultados obtidos nas avaliações econômicas, de materiais, energéticas, emergéticas e de emissões de CO_2 de todas as suas etapas de produção.

Outro trabalho realizado utilizando-se desta metodologia foi de Pereira (2008), que combinou a metodologia emergética com a de ciclo de vida com o intuito de avaliar a sustentabilidade de produtos agroindustriais, levando em consideração a cadeia produtiva completa, casos estudados dentro do Estado de São Paulo. Um dos produtos foi o suco de laranja concentrado, congelado e exportado para a Europa, sendo uma produção orgânica e outra convencional. Os resultados mostraram que mesmo quando o sistema é orgânico não é sustentável, embora esta cadeia seja muito eficiente na utilização de energia e no aproveitamento de resíduos. O outro produto foi o álcool etanol combustível, considerando-se sua produção e dois pontos de consumo: o Estado de São Paulo e do Mato Grosso. Os resultados mostraram que a etapa de maior impacto é a agrícola, sendo que as etapas industriais e de transporte diminuem a renovabilidade da cadeia devido a grande utilização de recursos da economia em especial de combustíveis fósseis, piorando seus índices emergéticos. Sendo que quanto maior a distância entre a usina e o centro consumidor aumenta os impactos e piora o desempenho ambiental da cadeia. Para que o etanol apresente melhores índices é necessário um modelo de produção menos intenso com distribuição pouco extensa.

Agostinho (2005) utilizou a análise emergética, juntamente com o sistema de informações geográficas, para analisar a sustentabilidade de diferentes sistemas de produção, o orgânico e o convencional em pequenas propriedades agrícolas.

Ainda com Agostinho (2009), que realizou o trabalho de diagnós-

Digitized by Google

tico ambiental dos sistemas de produção agropecuária, envolvendo a bacia hidrográfica dos rios Mogi-Guaçú e Pardo, utilizando-se da análise emergética e o sistema de informações geográficas, fazendo comparações entre as localidades.

Trabalho semelhante foi realizado por Albuquerque (2006), utilizou da avaliação emergética para analisar a sustentabilidade dos sistemas agrosilvipastoris, comparando propriedades do Brasil com da Colômbia. Silva (2009) utilizou da contabilidade em emergia para ter uma visão ambiental, da termoeconomia para ter a visão termodinâmica e, da análise econômica financeira para obter resultados econômicos financeiros, juntou as três técnicas para fazer comparação de sistemas energéticos agropecuários.

Os exemplos dos estudos de uso da análise emergética apresentados apontam que, a metodologia produz resultados consistentes, e pode ser bem sucedida quando estes resultados se voltam para a orientação e, definição de politicas públicas relacionadas a produção em sistemas agrários. Neste sentido, a análise emergética se presta para a análise da produção/extração do babaçu e da macaúba, podendo direcionar a atenção na tomada de decisão para produzir biodiesel com estes frutos.

2.2 Sustentabilidade, Recursos Naturais Renováveis e Não Renováveis e sua Exploração.

2.2.1 Conceito de sustentabilidade

A sustentabilidade tem ganhado espaço como uma nova visão de mundo. Por ser algo novo gera ainda certas controvérsias, é um tema transversal e abrangente, envolvendo quase todas as áreas das ciências humanas. Pode ser definida como a criação e a disponibilização de sustentáculos econômicos, sociais e ambientais permanentes, com possibilidade de serem usufruídos de forma igual pelas gerações atuais e posteriores, independente de qualquer classe social, crença religiosa ou

Digitized by Google

cultural (VECCHIA, 2010).

Para Romeiro (2001), o conceito surgiu em meio a controvérsias entre crescimento econômico e meio ambiente, a partir do relatório do Clube de Roma e sua premissa do crescimento econômico zero como forma de preservação ambiental, chegando ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, Brudtland (1991 p. 46) define que "desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades". É importante lembrar que, de acordo com Daly e Farley (2003) a partir de 1997, a pegada ecológica do total da população existente na Terra era de pelo menos 30% superior da capacidade de reprodução do planeta. Este déficit estaria a atual população emprestando ou roubando das gerações futuras. A pegada ecológica pode ser entendida como o número de hectares de terra produtiva ou do mar necessários para suportar uma pessoa média em um nível médio de consumo mundial.

Contudo, de acordo com Romeiro (2012) o conceito de ecodesenvolvimento surgiu antes daquele mais usado atualmente, o de desenvolvimento sustentável. Este último substituiu por completo o anterior, mantendo-se o sentido do conceito de que, quando atingido deve garantir o aumento da renda nacional, o acesso aos direitos sociais e reduzir o impacto ambiental ocasionado pelo aumento da produção e do consumo.

Para Daly (2002), sustentabilidade para ter sentido, deve: 1) contemplar a partilha da geração atual com as gerações futuras de recursos não renováveis utilizados na produção e no consumo e, 2) requerer maior dependência crescente da parte renovável no processo de transformação da economia. Neste sentido, o desenvolvimento econômico deve contemplar estes pontos fundamentais para tal reconhecimento, para não incorrer em conceito inadequado.

Digitized by Google

Figura 2.3. O tripé da sustentabilidade.

Fonte: adaptado de Vecchia, 2010.

Da Figura 2.3, observa-se que quando o enfoque está localizado na equidade social e conservação ambiental, é a economia que não se desenvolve. Quando o foco é direcionado na conservação ambiental e na eficiência econômica, tem-se como resultado a pobreza e desigualdade social. A busca concentrada na eficiência econômica e da equidade social produz degradação ambiental. O ponto a ser atingido é justamente o centro, onde há convergência das três áreas (social, econômica e ambiental), de forma simultânea e com equilíbrio, produzindo o desenvolvimento sustentável pleno (VECCHIA, 2010).

2.2.2 A economia e a sustentabilidade

O processo de desenvolvimento ocorre no espaço global, porém de forma extremamente descontínua e não simultânea nas regiões e nações do mundo. A construção de um modo eficaz apropriado ao sistema de produção industrial num país pressupõe o respeito às interferências globais, pois um sistema industrial nacional se torna economicamente parte do mercado mundial (ALTVATER, 1995). Porém, deve-se manter-se em alerta, pois, de acordo com Sachs (2010, p. 32) "o mercado, como não me canso de dizer, é por natureza míope e insensível tanto ao social quanto ao ecológico".

Cavalcanti (2010) observa que, na ótica puramente econômica do

Digitized by Google

sistema se apresenta a economia tradicional, a qual não considera nenhuma forma de ligação entre o sistema econômico e o sistema ecológico em suas atividades de produção e consumo, o modelo econômico puro, não contempla as restrições ambientais. Nesta visão mecanicista do sistema, não há nenhum obstáculo que o impeça de produzir, podem-se explorar os recursos naturais de forma soberana e tranquila, sempre estarão disponíveis, bem como a natureza será capaz de absorver todo e qualquer resíduo despejado pelo processo produtivo, independente de sua intensidade. Não há preocupação com o meio ambiente, com recursos naturais, a poluição e depleção (CAVALCANTI, 2010).

A natureza ou recursos naturais, na economia, são considerados como um fator de produção que pode ser substituído por outro, caso necessite. Os problemas com os impactos ambientais e suas consequências, para os Neoclássicos, são tratados como "externalidades", e podem ser introduzidas no sistema de preços, como forma de corrigir as falhas de mercado (CAVALCANTI, 2010).Neste contexto Daly e Farley (2003), observam que as externalidades podem se apresentar como positivas ou negativas. As externalidades positivas vão desde a redução dos impostos sobre práticas de cultivo que conservam o solo a investimentos das empresas em capacitação de pessoal. Como exemplo de negativas tem-se: poluição, desmatamento que provoca a erosão, assoreamento e do escoamento de nutrientes, podendo depositá-los nos recifes de corais afetando a pesca e o turismo. Segundo Wonnacott & Wonnacott (1994 apud MARTA 1999 p. 19), "a externalidade vem de um efeito colateral adverso (ou benéfico) de produção ou consumo, para o qual não é feito nenhum pagamento". Externalidades existem quando o bem-estar de um indivíduo é atingido, não só pelas suas atividades de consumo como, também, pelas atividades de outros indivíduos.

Observa-se que é difícil obter a avaliação monetária da irreversibilidade associada à destruição de alguns serviços ecossistêmicos e da perda da biodiversidade (CAVALCANTI, 1994). De acordo com Costanza et al., (1997), é comum se perguntar qual é o valor da atmosfera para a humanidade, ou ainda que valor tem a infraestrutura das rochas e do solo, como sistema de apoio. Porém, como valor no total é infinito,

Digitized by Google

muitos serviços dos ecossistemas são literalmente insubstituíveis. Se faz necessário começar a dar peso adequado no processo de tomada de decisão ao estoque de capital natural, que produz bem estar atual e futuro evitando consequências drásticas.

Na visão ecológica, considera-se a utilização das reservas energéticas e de matérias-primas, em qualquer estratégia de desenvolvimento e, portanto de industrialização tem como resultado consequências para o meio ambiente em todas as regiões do mundo. Deste modo, há uma relação recíproca entre desenvolvimento e meio ambiente, atividades econômicas transformam o meio ambiente e, este alterado constitui uma restrição externa para o desenvolvimento econômico e social (ALTVATER, 1995). Neste âmbito Daly (2008), observa que, a alteração mais importante ocorrida nos últimos tempos tem sido o grande crescimento de um subsistema, denominado economia, dentro de um sistema maior, a biosfera, conforme figura 2.4.

Figura 2.4. Modelo biofísico do sistema econômico.

Fonte: Adaptado de Cavalcanti 2010.

Neste sentido Daly e Farley (2003), atentam que, a economia ecológica prevê a macroeconomia como parte de um sistema maior que o envolve e o sustenta por inteiro, que é a Terra e seus ecossistemas. Neste sentido Cavalcanti (2010), comenta que não há dúvidas que a economia ecológica vê o sistema econômico como subsistema da natureza e que se submete a essa.

A economia ecológica não defende o fim do desenvolvimento

Digitized by Google

econômico, apenas o crescimento físico. O crescimento contínuo da produção do subsistema econômico deve sobrecarregar a capacidade do ecossistema global que o sustenta, pois o crescimento infinito é impossível no sistema fechado, chamado de biosfera (DALY e FARLEY, 2003). Para Georgescu-Roegen (1987), este processo é visto como um fenômeno qualitativo, onde há mudança de um estado de baixa entropia para um estado de alta entropia. No início do processo há baixa entropia através de energia, estrutura e materiais ordenados e, no final do processo como resultado se tem a alta entropia através da energia, estrutura e materiais dispersos. Para Altvater (1995), o sistema industrial capitalista moderno é dependente de recursos naturais numa amplitude que não se conhece e, libera emissões tóxicas no ar, nas águas e nos solos, e com isso acaba por atingir a biosfera. Em adendo, é preciso de locais para despejar os rejeitos gasosos, líquidos e sólidos para que possam ser depositados e absorvidos. Visto que, de acordo com Daly (2004) o ecossistema terrestre tem capacidade de desenvolver-se e evoluir, mas não pode crescer, e sendo o sistema econômico um subsistema do ecossistema terrestre, esse deve parar de crescer, mas pode continuar a desenvolver-se, pois, ao crescer se torna maior e ao se desenvolver se torna diferente.

No entanto, é inquestionável a evidência de que não pode haver sociedade e nem economia sem o sistema ecológico, mas, pode existir ecossistema sem a sociedade e sem sistema econômico (CAVALCANTI, 2010). Para Meadows et al., (1972), a população não pode crescer sem alimentos, a produção de alimentos é aumentada com aumento de capital e, mais capital requer mais recursos, estes por sua vez, em parte são descartados e tornam-se poluição e interferem com o crescimento da população e de alimento. Neste contexto, Georgescu-Roegen (1987), o desenvolvimento do sistema global está se aproximando de uma crise, cuja solução depende a sobrevivência das pessoas, uma crise cujas dimensões são refletidas nos números populacionais crescentes, o crescimento industrial descontrolado, a poluição e a ameaça de fome, a guerra e a decomposição biológico. Este desenvolvimento não é determinado apenas por leis inexoráveis da natureza, mas também da vontade humana, que age sobre a natureza. Daly e Farley (2003) observam

Digitized by Google

que, alguns poluentes químicos utilizados em quantidades desnecessárias, podem de forma inesperada proibir a fotossíntese, tornando a vida vegetal incapaz de absorver a energia solar que toda a vida depende. O homem tem seu destino formado em uma longa história de decisões para as quais ele é responsável, ele pode mudar o curso do destino através de nova decisão, consciente, através de um novo esforço e de vontade. No entanto, para isso é necessário uma nova visão das coisas (GEORGESCU-ROEGEN, 1987).

Para Georgescu-Roegen (1987), no passado, a produção tem sido considerada como uma benção (dádiva). As consequências negativas, só se tornaram visíveis nos últimos tempos. A produção consome necessariamente as fontes finitas de matérias-primas e energia, enquanto ao mesmo tempo em que também limita os sistemas ecológicos receptivos inundados com os resíduos de seus processos de fabricação. Convencionalmente o economista mede o crescimento través da saúde nacional e social. Mas a produção atual cresce à custa do futuro, e do ambiente sensível, cada vez mais ameaçado de extinção. O fato é que, o nosso sistema é finito e não pode haver consumo de energia sem limites (GEORGESCU-ROEGEN, 1987). De acordo com Altvater (1995), o sinal do limite é percebido no sistema quando determinados valores limítrofes são atingidos, e assim, quando constatado este limite, será tarde demais.

Tem-se como resultado deste crescimento, segundo Brown (1993 apud LEIS e D'AMATO, 1994), que os dados existentes e disponíveis consentem a assegurar que o desafio ecológico da humanidade supera plenamente as capacidades existentes da ciência e da tecnologia. A natureza tem sua capacidade de absorção e de transformação tendencialmente decrescente, já que os encargos do passado atuam como restrições no presente. A limitação da capacidade é em função de: primeiro pela ampliação dos encargos humanos; em segundo pela destruição da capacidade restante de absorção da energia solar e, portanto, da produção da biomassa, pela redução da área das florestas (ALTVATER, 1995). Miguel Rubí (2008) comenta que, a segunda lei da termodinâmica diz que o universo vem se tornando cada vez mais desordenado e, não há como reverter esta situação. Não há tecnologia capaz de criar máquinas

Digitized by Google

que não desperdice alguma energia e evite o desgaste. Assim, Daly e Farley (2003) observam que a entropia é uma rua de sentido único de mudança irreversível, um aumento contínuo de desordem do universo.

Para Rohde (1994), é possível identificar dentro da visão puramente econômica do sistema, que há quatro fatores principais que tornam a civilização contemporânea insustentável no médio e no longo prazo: 1) trata-se do crescimento da população humana de forma exponencial; 2) refere-se a perda de elementos fundamentais da natureza; 3) diz respeito ao uso de tecnologias inadequadas de baixa eficácia energética utilizadas nos sistemas produtivos; 4) traz o problema relacionado ao sistema de valores que instiga a expansão sem limites do consumo material. Neste contexto Daly (2004) atenta que, os recursos renováveis devem ter sua exploração de forma que: as taxas colhidas não devem ultrapassar as taxas de reposição e, as emissões da poluição em forma de resíduos não excedam a capacidade de assimilação renovável do meio ambiente local. E que, a exploração dos recursos não renováveis deveria ser a uma taxa igual à capacidade de criação de substitutos de origem renovável.

Assim como toda a humanidade, toda a vida acontece na biosfera e nas esferas abióticas do planeta Terra, e assim constituem o sistema ecológico global, portanto, as ações sobre as reservas naturais possuem efeitos globais e nenhum ser vivente será isento de suas consequências (ALTVATER, 1995). Diante do cenário exposto, a sustentabilidade deve ser inserida nas decisões econômicas humanas.

Todas as decisões são decisões ambientais, todas as ações humanas acontecem dentro do ecossistema e da biosfera, cada ação exige recursos e geram resíduos e, o impacto depende da forma da extração dos recursos, de como usá-los e de como o ambiente será afetado pelos resíduos. As decisões sobre conservação e gestão de recursos comparam perdas e benefícios. De um lado está a humanidade e suas demandas, como postos de trabalho, alimento a ser produzido, atividade econômica induzida e, por outro, as perdas dos estoques ecológicos e dos recursos derivados deles como produção primária, diversidade da fauna e da flora e, funções ecológicas vitais para a regulação climática (BROWN et al., 2000).

Digitized by Google

Ainda de acordo com Brown et al., (2000), existem dificuldades em comparar os valores dos benefícios humanos e os impactos no meio ambiente. Como solução deste impasse, deveriam ser avaliados os benefícios e as perdas em mesma base de medida, permitindo a comparação. A avaliação usando emergia possibilita medir benefícios humanos e serviços ecossistêmicos na mesma base de medida, onde se conseguiria colocar todos os fluxos na mesma unidade, a emergia solar e, se poderiam comparar as alternativas como sistemas por meio dos índices emergéticos. Assim, a contribuição da natureza geralmente considerada gratuita, passaria a ter seu valor reconhecido, bem como as externalidades negativas produzidas no processo produtivo. Teríamos assim a possibilidade de uma análise que considera o todo, integrando todas as partes e suas inter-relações.

2.3 Biodiesel

2.3.1 Conceito e fontes oleaginosas vegetais

No Brasil, a definição de biodiesel encontra-se disposta no Decreto Presidencial nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, artigo 1º: "combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil" (BRASIL, 2004).

Parente (2003, p. 13) define biodiesel como:

> "um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente".

Define ainda, como ecodiesel o produto obtido da mistura de biodiesel com diesel mineral, em proporções ajustadas de forma que na combustão de motores diesel, ocorra uma minimização das emissões para a atmosfera dos gases resultantes. De acordo com ANP (2013), o óleo vegetal *in natura* é bem diferente do biodiesel, que deve atender as

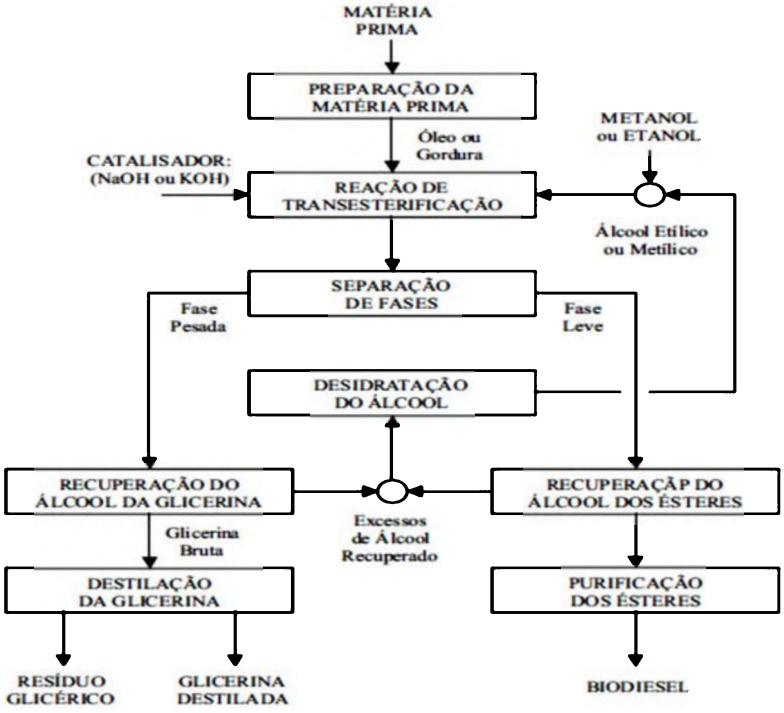
Digitized by Google

especificações estabelecidas pela Resolução ANP nº 7/2008, (revogada pela Resolução ANP nº14 de 11/05/2012). O processo químico chamado de transesterificação torna o óleo vegetal compatível com os motores a diesel, este processo químico é realizado nas instalações de unidades produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP.

De acordo com Parente (2003), para produzir biodiesel as matérias-primas podem ter sua origem em óleos vegetais, gorduras de animais e óleos e gorduras residuais. Os óleos vegetais que podem ser transformados em biodiesel são todos aqueles que estão na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos. Dentre algumas espécies de vegetais que se utiliza para a produção de biodiesel, tem-se: grão de amendoim, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, caroço de algodão, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, baga de mamona, entre muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas ou polpas.

Na figura 2.5, pode-se observar o fluxograma de um dos processos possíveis de produção do biodiesel no Brasil.

Figura 2.5. Fluxograma de processo de produção de biodiesel



Fonte: Parente, 2003

Digitized by Google

A figura 2.5 trata do processo de reação de transesterificação do óleo obtendo-se biodiesel, que segundo Souza (2006), o óleo pode ser submetido ao processo de reação com metanol, tóxico e originário de fontes fósseis, ou etanol, como o álcool de cana, mais ecológico e propício para seu uso, principalmente no Brasil que domina a tecnologia na produção deste álcool. Juntando o óleo com o álcool mais a presença de um catalisador que pode ser via de regra hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), transforma-se os óleos vegetais em biodiesel (ésteres) e glicerina. Após a reação, através da decantação por diferença de densidade, a glicerina se precipita sendo então retirada e permanecendo o biodiesel. A tabela 2.2 relaciona espécies mais citadas para a produção de biodiesel, atentando para valores de produtividade e conteúdo de óleo das variedades.

Tabela 2.2: Características de alguns vegetais com potencial para produção de biodiesel.

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo de óleo (%)	Meses de colheita	Rendimento em óleo (t/ha)
Dendê (Elaeis guineensis N.)	Amêndoa	26	12	3,0-6,0
Babaçu (Attalea speciosa M.)	Amêndoa	66	12	0,4-0,8
Macaúba (Acrocomia aculeata)	Fruto	20-25	5	6,0
Girassol (Helianthus annus)	Grão	38-48	3	0,5-1,5
Colza (Brassica campestris)	Grão	40-48	3	0,5-0,9
Mamona (Ricinus communis)	Grão	43-45	3	0,5-1,0
Amendoim (Arachis hipogaea)	Grão	40-50	3	0,6-0,8
Soja (Glycine max)	Grão	17	3	0,2-0,6

Fonte: NAE, 2005; Andrade et al., 2006.

A soja quando se compara com as demais oleaginosas utilizadas para produção de biodiesel, é detentora de um dos mais baixos teores de óleo e um reduzido rendimento em toneladas por hectare. Observa-se também que as palmáceas, como o dendê e o babaçu, possuem potencial de produção durante todo o ano, com o babaçu apresentando o maior percentual de óleo nas amêndoas e, o dendê a maior produtividade por área. Outras espécies existentes com potencial para produzir óleo são encontradas no cerrado brasileiro, porém, menos conhecidas, e ainda se tem poucos dados referentes a essas plantas, os estudos devem avançar neste sentido como forma de fomentar o PNPB. A tabela 2.3 relaciona estas espécies.

Digitized by Google

Tabela 2.3: Características de alguns vegetais do cerrado com potencial para produção de biodiesel.

Espécie	Origem do óleo	Conteúdo de óleo (%)	Meses de colheita	Rendimento em óleo (t/ha)
Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.)	Polpa	23,55	7-11	3,6
Inajá (*Maximiliana regia* Mart.)	Fruto	36	5	0,74
Baru	Amêndoa	40,2	3	0,35
Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart)	Fruto	25	4	3,0
Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)	Fruto	30	4	1,1
Andiroba (Carapa guianensis Aublet.)	Amêndoa	30,2	4	*

Fonte: Carvalho et al., (2011); apud Cymerys; Fernandes; Rigamonte-Azevedo, (2005); Moura et al., (2010); apud Sano; Ribeiro; Videira, (2006); Ferreira; Lucien; Silveira, (2005a); Carranzza; D'ávila, (2010); Embrapa, (http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>); Pereira, (2010); apud Oliveira et al., (2008); Ferreira; Lucien; Silveira, (2005b);
* Não há dados publicados.

A tabela 2.3 aponta que no cerrado brasileiro existe uma variedade de oleaginosas com potencial para serem exploradas como fonte fornecedora de óleo para produção de biodiesel, diversificando a matéria-prima oportunizando as localidades do cerrado a se desenvolverem, fortalecendo o PNPB.

2.3.2 Considerações sobre o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB

O PNPB desde a sua elaboração estava comprometido em propiciar a viabilização da produção e uso do biodiesel no país, com inclusão social e garantia de segurança de seu suprimento, com variação das matérias-primas, fortalecendo as potencialidades de cada região na produção. O PNPB é um programa que envolve diversos ministérios que visa implementar a cadeia produtiva do Brasil. Tem como diretrizes principais:

- Implantação de um programa que se sustente e promova a inclusão social por meio da geração de emprego e renda;
- A garantia de preços competitivos, qualidade e suprimento;
- A produção de biodiesel a partir de fontes oleaginosas, que valorize e avigore as potencialidades regionais na produção de matéria-prima (MDA, 2011).

A partir do dia 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado

Digitized by Google

em todo o Brasil deve conter 5% de biodiesel. A elevação contínua do percentual de mistura do biodiesel ao diesel demonstra que, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel vem obtendo sucesso (ANP, 2013a). Neste sentido, o MEC (2006), considera o biodiesel um produto nobre, que pode ser adicionado ao diesel nas concentrações de 1% a 2%, com simples foco na melhoria da lubrificação do combustível. Segundo experiências realizadas, provaram que misturas de óleo diesel com até 20% de biodiesel, não apresentam necessidades de alterações no veículo ou no motor. Sendo que, pesquisas estão em andamento para ser utilizado 100% de biodiesel em veículos de transporte coletivo, tratores, caminhões e caminhonete. Ainda de acordo com o MEC, os estudos da viabilidade do uso de óleos vegetais *in natura* e de biodiesel se iniciaram em 1982, com a realização de diversos testes na indústria automobilística. Mesmo com resultados positivos para o biodiesel, os altos custos na época inibiram seu uso.

A tabela 2.4 apresenta a produção anual de biodiesel puro B100, em metros cúbicos, ocorrida nos últimos anos no Brasil.

Tabela 2.4: Produção nacional de biodiesel puro - B100 (metros cúbicos)

Anos	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Produção em m^3	1.167.128	1.608.448	2.386.399	2.672.760	2.717.483

Fonte: adaptado de ANP (2013a).

Os dados mostram uma ascendência na produção anual de biodiesel no Brasil nos últimos anos, um aumento de 132,84% de 2008 para 2012. Esta produção tem como fonte diversas matérias-primas, que são apresentadas na tabela 2.5, a partir do ano de 2009 até o mês de julho de 2013.

Digitized by Google

Tabela 2.5: Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel (perfil nacional) 2010 a 2013 em porcentagem (%).

Matérias-primas	2009 (%)	2010 (%)	2011(%)	2012(%)	2013*(%)	Média(%)
Soja	77,514	82,029	80,598	75,244	74,82	78,041
Gordura bovina	16,513	13,825	13,444	17,187	18,807	15,955
Óleo de algodão	3,559	2,4225	3,085	4,528	2,098	3,1388
Outros materiais graxos	2,344	1,073	1,921	1,741	1,932	1,802
Óleo de fritura	0,006	0,197	0,485	0,653	1,161	0,500
Gordura de porco	0,00	0,064	0,346	0,380	0,564	0,271
Gordura de frango	0,00	0,076	0,021	0,061	0,047	0,041
Óleo de palma/dendê	0,027	0,229	0,088	0,178	0,544	0,213
Óleo de girassol	0,003	0,008	0,001	0,00	0,00	0,002
Óleo de sésamo	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,002
Óleo de nabo forrageiro	0,00	0,069	0,00	0,00	0,027	0,019
Óleo de mamona	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Óleo de canola	0,00	0,00	0,00	0,022	0,00	0,004
Óleo de amendoim	0,026	0,018	0,009	0,00	0,00	0,010

Fonte: elaboração própria a partir de dados da ANP (2013b)

Observa-se na tabela 2.5 que em média nos últimos anos, há o predomínio das plantas oleaginosas, com mais de 81% na produção de biodiesel, sendo que a soja domina o setor, com mais de 78% de participação.

Produzindo e usando o biodiesel, o Brasil vem propiciando a sustentabilidade ambiental, econômica e social e, desenvolvendo uma fonte de energia sustentável que reduz as importações de diesel, com geração de divisas para o país. Além disso, o biodiesel produz efeitos incrementando a economia local e regional, através da etapa agrícola e da industrial, por meio de bens e serviços (ANP, 2013a).

• Resumo dos resultados do PNPB (2005 a 2010)

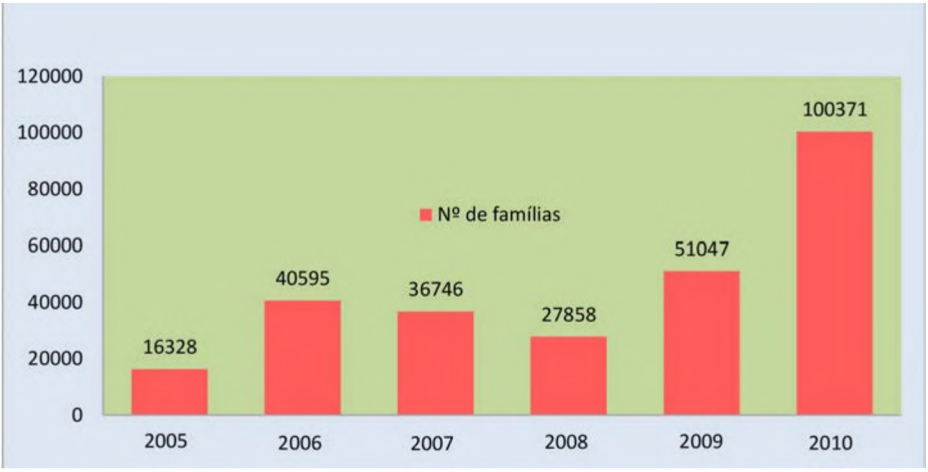
O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) fez cinco anos em janeiro de 2010. A meta estabelecida inicialmente pela lei 11.097 de janeiro de 2005 era de adicionar 5% (B5) de biodiesel ao diesel mineral, em janeiro de 2013, esta foi a meta regulamentada pelo Governo Federal, ao introduzir o biodiesel na matriz energética nacional, porém esta meta foi antecipada de forma oficial para 1º de janeiro

Digitized by Google

de 2010, portanto, são três anos de antecipação (BRASIL, 2005).

Quanto ao envolvimento da participação da agricultura familiar e o Selo Combustível Social no PNPB, uma trajetória pode ser evidenciada na figura 2.6, que apresenta a evolução da participação das famílias contratadas pelas empresas produtoras de biodiesel.

Figura 2.6: Evolução do número de estabelecimentos da agricultura familiar participantes do PNPB no Brasil de 2005 a 2010.



Fonte: adaptado de MDA (2010); Oliveira; Abreu (2012).

De acordo com MDA (2011), o avanço registrado da participação da agricultura familiar, se deve a diversas iniciativas realizadas em conjunto com todos os atores participantes do programa, principalmente às discussões do governo com o setor e às mudanças nas normas do Selo Combustível Social. Mas, segundo Oliveira e Abreu (2012), o PNPB não vem atingindo as metas estabelecidas quando da sua elaboração, o número de famílias contratadas em 2010 devia ter sido alcançado em 2007. O governo havia projetado a meta de 250 mil estabelecimentos da agricultura familiar participantes do PNPB, nos cinco anos a meta não foi atingida, o Selo Combustível Social apresenta atraso na sua execução.

O PNPB impulsiona o desenvolvimento econômico local, que segundo Barqueiro (2001 apud SANTOS; ARCENO e PINTO FILHO, 2008, p.55), desenvolvimento local é:

Digitized by Google

> "um processo de crescimento e mudança estrutural que ocorre em razão da transferência de recursos das atividades tradicionais para as modernas, bem como pelo aproveitamento das economias externas e pela introdução de inovações, determinando a elevação do bem-estar da população de uma cidade ou região. Quando a capacidade local é capaz de utilizar o potencial de desenvolvimento e liderar o processo de mudança estrutural, pode-se falar de desenvolvimento local endógeno ou, simplesmente, de desenvolvimento endógeno."

Neste sentido, a inclusão de maior número de matérias-primas para a produção de biodiesel fortalecerá o agricultura familiar, gerando mais empregos e renda no campo, a inserção do babaçu e da macaúba no PNPB, será mais um elemento que promoverá o desenvolvimento local.

De acordo com a portaria nº 60, de setembro de 2012 em seu artigo 3º, para que o combustível obtenha o selo de combustível social é preciso que:

> O percentual mínimo de aquisições de matéria-prima do agricultor familiar, feitas pelo produtor de biodiesel para fins de concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social, fica estabelecido em:
> I - 15% (quinze por cento) para as aquisições provenientes das regiões Norte e Centro-Oeste;
> II – 30% (trinta por cento) para as aquisições provenientes das regiões Sudeste, Nordeste e Semiárido;
> III – 35% (trinta e cinco por cento) na safra 2012/2013, e 40% (quarenta por cento) a partir da safra 2013/2014, para as aquisições provenientes da região Sul. (MDA, 2012, PORTARIA Nº 60 ART. 3º).

Percebe-se que o PNPB contempla todas as regiões do país, incentivando e promovendo a aquisição de matérias-primas para a produção de biodiesel. A grande diversidade de matéria-prima encontrada no Brasil, e suas potencialidades produtivas, possibilita a implantação de usinas nos mais diversos locais das regiões brasileiras, incentivando a produção local, promovendo o desenvolvimento regional através da maior oferta de empregos. Neste sentido, de acordo com Abreu e Guer-

Digitized by Google

ra (2010), para estabelecer esse desenvolvimento, é necessário que se consiga alcançar o bem-estar econômico, social e cultural, ao vender sua produção de oleaginosas para as usinas de biodiesel e conseguir garantir uma renda mínima e ao mesmo tempo ter acesso a outros serviços essenciais a vida, como educação, saúde, energia e bem estar social em geral. O governo do Brasil introduziu o biodiesel na matriz energética com o objetivo de criar emprego e renda, principalmente nas regiões mais necessitadas como as do Norte e Nordeste do país, e manter a população no campo.

Digitized by Google

3- BABAÇU E MACAÚBA: DESENVOLVIMENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COPRODUTOS

3.1 Desenvolvimento, Características Físico-Químicas e Coprodutos

Em linhas gerais, a biodiversidade de espécies e ecossistemas para o sistema econômico dos países em desenvolvimento, com muita frequência é subestimada e, dificilmente consta na contabilidade nacional. Neste sentido, o Brasil possui o maior potencial de energias renováveis do planeta. A capacidade dos recursos florestais brasileiros é pouco aproveitada em relação ao potencial que representa (SILVA, 2007). O vasto campo das florestas brasileiras contempla uma grande variedade de palmeiras, entre elas o babaçu e a macaúba, que são objetos deste estudo. Neste capítulo, descrevem-se as características estruturais das plantas, dos frutos, e seu aproveitamento feito pela sociedade como forma de explorar economicamente e ambientalmente o que elas oferecem.

3.2 Babaçu

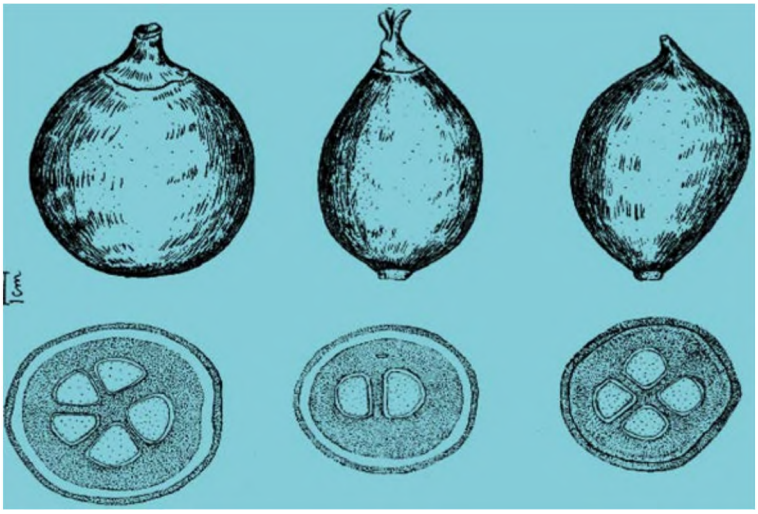
A palmeira babaçu apresenta algumas controvérsias a respeito de sua classificação botânica. Alguns botânicos a classificam como *Orbignya speciosa*; outros como *Orbignya martiana*; e há os que o classificam como *Attalea speciosa*; e ainda como *Attalea funifera* (JUNIOR, 2003). Para Bulhões (1970), o babaçu pertence à família Palmae, incluído no gênero *Orbignya*, com duas espécies produtoras de óleo em níveis de industrialização: *Orbignya martiana* e *Orbignya oleifera*. Entretanto alguns botânicos não admitem que exista a *Orbignya oleífera*, consi-

Digitized by Google

derando-a no máximo uma variedade de *Orbignya martiana*, as duas espécies são distintas. A confusão ocorre devido a existência de outras espécies parecidas fisionomicamente com babaçu, a exemplo disso tem-se: *Attalea oleifera* e *Attalea compta*, conhecidas como catolé e *Attalea pindobassu*, conhecida como pindobaçu. Outra espécie que as vezes é considerada babaçu, é a *Orbignya speciosa*.

Os estudos de Rizzini (1963b) demonstram que as espécies *Orbignya martiana* e *Orbignya oleifera* se prestam para a produção de óleos em nível de indústria, enquanto que a *Orbignya speciosa*, não é recomendada devido à estrutura de suas amêndoas e ao seu número por coco.

Figura 3.1. Diferenciação básica entre três espécies de *Orbignya*.



Fonte: Rizzini, 1963b.

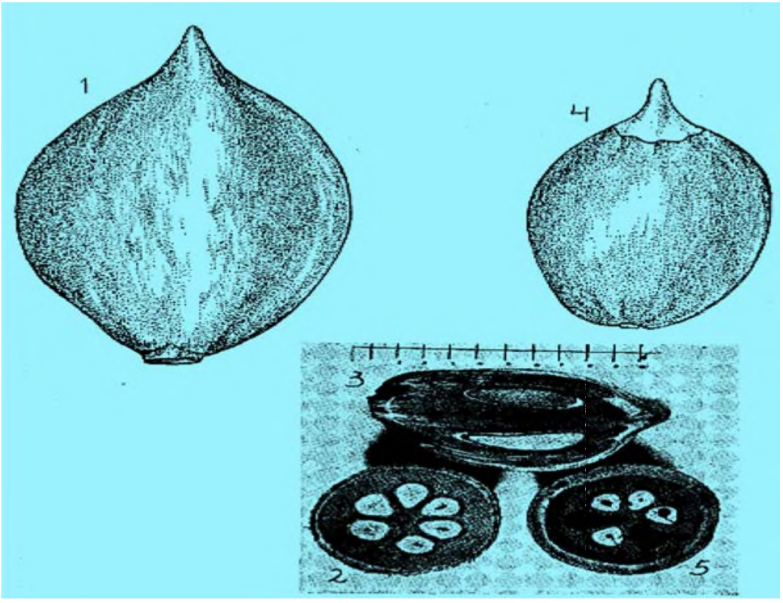
A figura 3.1 tem à esquerda noz de *Orbignya martiana*, com destaque para o escudo acima; em baixo, em corte, mesocarpo em branco. No centro, *Orbignya speciosa*, com pequeno escudo e três estigmas; em baixo, secção que mostra as duas lojas normais e uma abortiva superior. À direita, *Orbignya oleifera*, sem escudo; em baixo, o corte mostra a falta de mesocarpo ou camada central (RIZZINI, 1963b).

De acordo com Rizzini (1963a), sobre as duas espécies de babaçu do gênero *Orbignya martiana* e *Orbignya oleifera*, é grande a semelhança morfológica entre as duas, onde frequentemente são confundidas

Digitized by Google

numa só. Encontra-se em áreas juntas, que se tocam, mas não há sobreposição, logo não se misturam devido às exigências ecológicas que as distinguem, sob cujo império a seleção as fez diferenciarem-se. É nos frutos (nozes) que se encontram os melhores componentes que as diferencia. O que se deseja destacar está exposto na figura 3.2.

Figura 3.2. Características dos frutos de Orbignya oleifera e Orbignya martiana,



Fonte: Rizzini, 1963a.

O número 1 identifica o fruto inteiro da *Orbignya oleifera*, seu fruto cortado de forma transversal nº 2 e, nº 3 cortado de forma longitudinal e, distingue-se muito bem pela estrutura do fruto. O número 4 identifica o fruto inteiro da *Orbignya martiana*, e nº 5 seu fruto cortado na transversal. Os frutos de *Orbignya martiana*, são sempre de alguma forma menores e providos de menos sementes (RIZZINI, 1963a).

A palavra babaçu tem sua origem do tupi "uauassú", formada de oachú-coco e de assú-grande. Dependendo da região seu nome popular pode ser bagassú, aguassú, guagassú, coco de macaco, coco babaçu, coco de palmeira entre outros (JUNIOR, 2003).

Digitized by Google

3.2.1 Origem e distribuição

Nativa das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil, a palmeira babaçu abrange entre 13 e 18 milhões de hectares, pode ser encontrada nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Goiás, Pará, Amazonas, Rondônia, Mato Grosso, Ceará, Bahia e Minas Gerais e, abrange um total de 279 municípios. Entretanto, destacam-se algumas reservas extrativistas como: RESEX Ciriaco, Mata Grande, Frexal e Chapada Limpa no estado do Maranhão e no Extremo Norte no estado do Tocantins (MMA, 2009). De acordo com Mendonça (2006), o babaçu também pode ser encontrado na Bolívia, Guianas e Suriname.

No Brasil segundo Rizzini (1963a), há uma linha que divide entre as florestas densas e úmidas conhecidas como floresta amazônica e as formações mais abertas e mais secas do Brasil Central, as duas áreas de ocorrência das duas espécies de babaçu. A *Orbignya oleifera* é a espécie central, vegeta na associação de mata seca e avança sobre o cerrado. A *Orbignya martiana* tem outro comportamento, é considerada uma espécie da floresta amazônica, vivendo na associação de mata pluvial de solo firme.

Segundo Nascimento (2004), as áreas de ocorrências de babaçuais estendem-se de forma descontínua por 9 (nove) Estados brasileiros, conforme retrata a figura 3.3.

Figura 3.3. Localização das florestas de babaçu pelo Brasil

Fonte: Nascimento, 2004.

Digitized by Google

O babaçu tem sua maior incidência verificada no Maranhão, em suas áreas dos cerrados, cocais e baixadas, o que indica ligações com estas regiões características da natureza de transição (NASCIMENTO, 2004). De acordo com Carvalho (2007), em linhas gerais, o babaçu ocorre sobre uma ampla área brasileira com diferentes tipos de solo, consorcia-se ou alterna-se com florestas primitivas ou derivadas, como cerrado, mata, capoeira, lavouras e pastagens.

3.2.2 Clima e solo

As regiões de maior incidência do babaçu possuem clima quente e úmido, acredita-se serem estas as condições preferidas desta palmeira (NASCIMENTO, 2004). Neste sentido Carvalho (2007) observa que, a palmeira babaçu se submete a climas com ampla variação pluviométrica anual, ocorrendo em climas que vão do tipo semiárido tropical ao tropical úmido com ligeiro déficit hídrico.

A falta de luz solar é fator que limita o desenvolvimento da cultura. Não se tem estudo que tratem de forma científica os fatores relacionados a produção como: variações anuais de pluviosidade, temperatura, fertilidade, nutrientes do solo e capacidade de retenção de água pelo sistema radicular, mas, pelo conhecimento dos fatos das áreas de maior ocorrência, pode-se afirmar que os solos predominam os argilosos, com grau médio de umidade, escuros e profundos (NASCIMENTO, 2004).

3.2.3 Características da planta

- ***A planta***

A palmeira de babaçu possui caule solitário em forma de coluna, com variação entre 10 e 30 metros de altura e de 30 a 60 centímetros de diâmetro. As folhas são pinadas, eretas e divergentes, possuindo de 175 a 260 pares de pinas normalmente com distribuição sobre toda a raque (MENDONÇA, 2006). De acordo com Carvalho (2007) as folhas podem atingir até 8 metros de comprimento e, se mantém em posição reta, pouco se volta em direção ao solo, sua orientação é para o alto,

Digitized by Google

o que lhe dá uma aparência bastante altiva. Flores creme-amareladas, aglomeradas em longos cachos. Uma palmeira pode produzir até 8 cachos, surgindo de janeiro a abril, e começa a frutificar entre o 7º e 8º ano de vida, atinge a plena produção aos 15 anos, possuindo uma vida média de 35 anos.

A palmeira de babaçu tem comportamento de planta dominante na vegetação e, constitui populações estratificadas por faixas de crescimento em quatro tipos, com características bem diferentes como: pindoveiras, palmiteiros, capoteiros e palmeiras, as duas últimas são consideradas palmeiras adultas (NASCIMENTO, 2004). Na figura 3.4 a seguir visualiza-se uma planta adulta do babaçu.

Figura 3.4. Planta adulta de babaçu

Fonte: Araújo, s/d.

De acordo com Carvalho (2007), o babaçu se classifica nos seguintes estágios: o primeiro é constituído pelas pindovas, caracterizadas por apresentar três folhas definitivas; o segundo é identificado pelo palmito quase ao nível do solo e, recebe a denominação de palmiteiro; no terceiro estágio, o caule já está formado e, corresponde a fase que antecede a fase adulta.

Digitized by Google

• *O fruto*

O coco do babaçu é composto por três camadas: a externa considerada a mais fibrosa (epicarpo); a intermediária, fibrosa-amilácea (mesocarpo); e uma interna considerada lenhosa (endocarpo), nesta estão contidas as amêndoas. Usualmente chama-se de cascas o conjunto das três camadas, que correspondem aproximadamente a 93% do peso total do fruto. Devido a existência de várias espécies e sua ocorrência em diferentes regiões, os estudos relativos ao babaçu apresentam uma variação na composição do coco. Uma composição média em peso considera que: epicarpo contém 12%, mesocarpo 23%, endocarpo 58% e amêndoas 7%. O conteúdo de óleo das amêndoas é cerca de 65% do peso do fruto e, pelos métodos atuais de industrialização, o rendimento obtido é de aproximadamente de 57%, correspondendo a cerca de 4% do peso do fruto (NASCIMENTO, 2004). Para Parente (2003), este percentual correspondido, sob o ponto de vista prático, faz que o babaçu seja considerado uma espécie não oleaginosa. Contudo, a considera com potencial de produção de óleo devido a sua grande população.

De acorda com Tobasa (2013), o aproveitamento do coco babaçu é de forma integral e, possui a tecnologia própria para isso em escala industrial com projeto genuíno e pioneiro no Brasil e no mundo. Possui a logística de processamento integrado para aproveitar por inteiro o coco de babaçu, a partir dos silos para armazenar o coco, as máquinas e equipamentos mecânicos de descortinagem e de corte transversal do fruto, sendo detentora desta patente. É detentora também da primeira destilaria de álcool de babaçu em escala industrial. Observam-se na tabela 3.1 os constituintes do coco babaçu, os possíveis produtos e as possíveis utilidades que o fruto oferece.

Digitized by Google

Tabela 3.1: Constituintes do coco babaçu, características e aplicações.

Constituintes	%	Características e aplicações
Epicarpo	11 a 16	Material fibroso, ligno-celulósico, podendo ser utilizado como combustível industrial, e até mesmo, na cogeração de eletricidade.
Mesocarpo	15 a 22	Porção amilácea do coco, utilizada como energético na produção de rações ou para a produção de etanol, entre outras possibilidades.
Endocarpo	50 a 65	Lignino vegetal, de elevada dureza, utilizada para a produção de carvões especiais, sendo recomendável o aproveitamento dos gases condensáveis, resultando em diversos produtos de interesse para a indústria química. Alternativamente, o lignino pode ser utilizado na produção de peças aglomeradas, possíveis de serem empregadas como substituto de madeiras, na indústria de móveis e nas construções civis. Possíveis excedentes podem ser direcionados como combustível industrial, na cogeração de eletricidade.
Amêndoa	5 a 9	Material oleaginoso, contendo até 65% do óleo do tipo láurico, usado na culinária e na produção de energia. Na extração do óleo, resulta também na torta, utilizável para a ração de animais.

Fonte: Adaptado de Parente, 2003.

A tabela 3.2 reúne as principais características físico-químicas do epicarpo.

Tabela 3.2: Dados do epicarpo.

Características físico-químicas	Valor	Incertezas + -
Voláteis	88,16%	1,51%
Carbono fixo	9,62%	0,13%
Cinzas	2,22%	0,01%
PCS [kJ / kg]	21.724	5,13%
PCI [kJ / kg] a 11 % Umidade	20.238	5,13%

Fonte: Teixeira, 2003

Observa-se na tabela que, no epicarpo há um elevado valor de voláteis, ficando acima de 88%, sendo o carbono fixo compõem uma pequena parcela com menos de 10% e, as cinzas tem pouca representatividade na composição, ficando abaixo de 3%. Observa-se também o valor do poder calorífico superior e o poder calorífico inferior do epicarpo.

Digitized by Google

A tabela 3.3 reúne as principais características físico-químicas do mesocarpo.

Tabela 3.3: Dados do mesocarpo.

Características físico-químicas	Valor	Incertezas + -
Densidade Aparente [kg/ m^3]	582	5,15%
Voláteis	94,62%	0,92%
Carbono fixo	4,66%	0,05%
Cinzas	0,88%	0,001%
PCS [kJ / kg]	15.511	30,0%
PCI [kJ / kg] a 15 % Umidade	13.744	30,0%

Fonte: Teixeira, 2003

Nota-se na tabela que, no mesocarpo do babaçu o valor dos voláteis representa a maior parte em sua composição, ficando acima de 94%, sendo o carbono fixo compondo uma pequena parcela com menos de 5% e, as cinzas tem pouca representatividade na composição, ficando abaixo de 1%. A tabela traz também o valor do poder calorífico superior e o poder calorífico inferior do mesocarpo, onde este foi obtido a uma umidade de 15%. O poder calorífico do epicarpo se apresenta com valores inferiores ao do epicarpo e com maior grau de incerteza na sua determinação. A densidade aparente em kg/m^3 ficou no valor de 582.

Tabela 3.4: Composição da farinha de babaçu.

Componente	Origem [% composição]	
	Tocantins	Maranhão
Água	17,00	16,30
Amido	63,75	71,29
Material nitrogenado	3,12	3,19
Matérias graxas	1,05	4,87
Açúcares e Dextrinas	0,00	0,80
Celuloses	2,05	0,03
Cinzas	1,20	1,20
Indeterminados	11,38	0,30

Fonte: Peixoto (1973 apud TEIXEIRA, 2003, p. 66).

Digitized by Google

De modo geral a tabela 3.4 traz uma composição da farinha do babaçu com diferenças entre as duas localidades apresentadas. Segundo Teixeira (2003), a composição da farinha de mesocarpo, pode variar em função da origem do processo rudimentar de extração com pilão.

A tabela 3.5 reúne as características físico-químicas do endocarpo.

Tabela 3.5: Dados do endocarpo

Características físico-químicas	Valor	Incertezas + -
Densidade Aparente [kg/ m^3]	506	2,21%
Densidade Real [kg/ m^3]	1.360,09	1,71%
Voláteis	83,40%	3,87%
Carbono fixo	15,16%	0,64%
Cinzas	1,71%	0,01%
PCS [kJ / kg]	22.698	9%
PCI [kJ / kg] a 12 % Umidade	21.179	9%

Fonte: Teixeira 2003.

Observa-se na tabela 3.5 que, no endocarpo o valor dos voláteis representa a maior parte, ficando acima de 83%, sendo o carbono fixo compondo uma pequena parcela com pouco mais de 15% e, as cinzas tem pouca representatividade na composição, ficando próximo de 2%. A tabela traz também o valor do poder calorífico superior e o poder calorífico inferior do endocarpo, sendo estes dados superiores ao do epicarpo e do mesocarpo. Apresenta também, densidade aparente próxima do mesocarpo, mas inferior.

A tabela 3.6 reúne as características físico-químicas da amêndoa.

Tabela 3.6: Dados da amêndoa.

Características	Valor	Incertezas + -
Densidade Aparente [kg/ m^3]	564	6,58%
Densidade Real [kg/ m^3]	1.022,18	5,21%
Voláteis	93,78%	0,39%
Carbono fixo	4,53%	0,02%
Cinzas	1,69%	0,001%
PCS [kJ / kg]	34.733	5,0%
PCI [kJ / kg] a 8 % Umidade	29.771	5,0%

Fonte: Teixeira 2003.

Digitized by Google

Observa-se na tabela 3.6 que, na amêndoa, o valor dos voláteis representa a maior parte, com mais de 93%, sendo o carbono fixo compondo uma pequena parcela, com menos de 5% e, as cinzas tem pouca representatividade na composição, ficando abaixo de 2%. A tabela traz também o valor do poder calorífico superior e o poder calorífico inferior da amêndoa, sendo estes dados superiores as demais partes do fruto do babaçu. Apresenta também, a densidade aparente da amêndoa, ficando entre o mesocarpo e o endocarpo. A tabela 3.7 traz de forma resumida, dados para análise química da composição das amêndoas do babaçu.

Tabela 3.7: Análise química das amêndoas do babaçu

Componente	**Percentual**
Água	13,220
Óleo	66,750
Proteína	2,612
Substâncias nitrogenadas	0,885
Sacarose/hidratos de carbono	2,500
Celulose (fibras)	2,500
Sais minerais	0,780

Fonte: Gonsalves (1955 apud TEIXEIRA, 2003, p. 76).

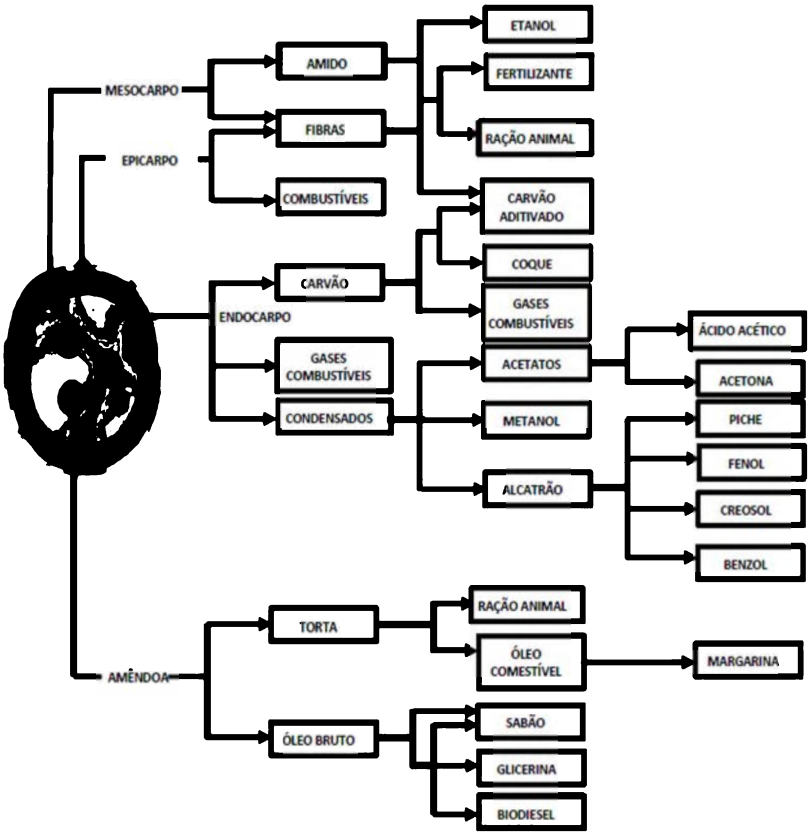
Na tabela 3.7, se observa a composição química da amêndoa do babaçu, com o óleo sendo o componente com mais de 66%, de onde que, entre outros produtos se extrai o biodiesel. Os demais componentes constituem a torta, usada principalmente na produção de rações.

O poder calorífico total com epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa, encontrado por Abreu (1940 apud TEIXEIRA, 2003, p. 116), isto é, do fruto inteiro, é de 18.036 kJ/kg do fruto.

Em linhas gerais, os produtos obtidos com o fruto do babaçu são evidenciados na figura a seguir.

Digitized by Google

Figura 3.5: Produtos alternativos do babaçu



Fonte: Adaptado de Teixeira 2003.

A figura 3.4 retrata possíveis produtos obtidos a partir do fruto da palmeira babaçu, destaca-se, no entanto a seguir, as fontes de energia, seus processos de obtenção e seus possíveis usos.

Pode-se utilizar o epicarpo para produzir energia através da combustão do mesmo, servindo para aquecer ambientes e fornalhas, bem como, pode ser submetido ao processo de liquefação da biomassa e, se obter líquidos a partir do material lignocelulósico do epicarpo. O epicarpo pode ainda ser submetido ao processo de carbonização para se obter o carvão, que pode ser destinado para aquecer ambientes ou fornalhas.

Do amido do mesocarpo, através dos processos de hidrólise, fermentação e destilação se obtém o etanol, que pode ser destinado na

Digitized by Google

combustão em motores. O mesocarpo pode ainda ser submetido ao processo de carbonização para se obter o carvão, que pode ser destinado para aquecer ambientes ou fornalhas.

O endocarpo quando submetido ao processo de carbonização se obtém o carvão, que pode ser destinado para aquecer ambientes ou fornalhas, sendo o carvão o principal produto obtido do endocarpo. Pelo processo de gaseificação do endocarpo se pode obter os gases combustíveis, podendo ser usados em combustão em motores. Quando o endocarpo é submetido ao processo de liquefação da biomassa, se obtém combustíveis líquidos a partir do material lignocelulósico, como o etanol que pose ser usado em combustão em motores.

Com o óleo bruto extraído da amêndoa, passando pelo processo de transformação que pode ser o de transesterificação, se obtém o biodiesel, produto usado em combustão em motores. Como se observa na figura 3.4 há grande variedade de produtos possíveis obtidos a partir do fruto do babaçu e, diversas fontes de energia.

3.2.4 Propagação

O crescimento é espontâneo nas matas da região amazônica. Logo após uma grande queimada, as pequenas plantas de babaçu, conhecida como "pindovas", são as primeiras a despontar. Isto devido ao babaçu ser muito resistente e imune aos predadores de sementes, e possui grande capacidade e rapidez de regeneração. A queima elimina os vegetais concorrentes e abre espaço para o seu desenvolvimento (CARVALHO, 2007).

De acordo com Rizzini (1963a), a expansão do babaçu é favorecida pela formação das roças. Passados 90 dias após queimada da vegetação para o plantio das lavouras, germinam as nozes e crescem vigorosamente as novas plantas do babaçu.

3.2.5 Tratos culturais

Normalmente o babaçu não recebe tratos culturais. Os seus diversos estágios de crescimento ocorrem em meio a capoeiras e, a en-

Digitized by Google

trada de trabalhadores é dificultada pelo emaranhado da vegetação (WISNIEWSKI e MELO, 1984 e CARVALHO, 2007). Entretanto, o desbaste é prática muito bem vinda aos babaçuais, visando maior produtividade.

3.2.6 Pragas e doenças

Não há conhecimento de doenças que atacam a palmeira babaçu. A respeito de pragas existem os coleópteros que atacam os frutos, destruindo as amêndoas. Outra praga são os insetos que acometem o mesocarpo, em céu aberto e no armazém. O caule lenhoso da planta é atacado por pragas que formam galerias profundas. A lagarta ataca as folhas. Ainda tem os besouros que causam pequenos danos no caule e no ápice (NASCIMENTO, 2004)

3.2.7 Colheita e produtividade

Os poucos estudos científicos comprobatórios são controversos sobre a produtividade do babaçu. Há pesquisas que consideram uma produtividade que varia entre 10 e 15 toneladas de coco por hectare ano. Outras relatam uma produtividade em torno de 2 a 3 toneladas por hectare ano, que pode ser triplicada com muita facilidade com simples tratos aos babaçuais, como a técnica de desbastes, e no mais longo prazo com uma cultura racional. Estima-se que existam 15 milhões de hectares de babaçu, dos quais nem todos são produtivos. Um índice adotado para correção é de que 33% da área seja produtiva. Resultando num potencial produtivo de coco estimado de $12,4 \times 10^6$ toneladas por ano de coco. Considerando 2,5 t/ha-ano (NASCIMENTO, 2004).

De acordo com WISNIEWSKI e MELO (1981), para a produtividade girar entorno de 2,5 t/ha-ano, deve-se considerar um cocal praticamente virgem, aonde há população de palmeiras de todas as idades, alcança de 2.220 a 4.440 plantas por hectare, isto resulta numa população de aproximadamente 56 palmeiras produtivas de baixa capacidade, um cocal com esta densidade só pode apresentar baixíssima produtividade.

Digitized by Google

Utilizando-se da técnica do desbaste, mantendo-se 100 palmeiras por hectare, tornando o babaçual possível de ser explorado, a produtividade alcançada é de 17.600 kg/ha-ano. Estes são dados projetados pelo Ministério da Agricultura no documento apresentado às Nações Unidas, que considera um cocal nativo consorciado com pastagem ou outros cultivos. Carvalho (2007) observa que, a safra varia de intensidade e época de acordo com a região da localização dos babaçuais, das populações existentes e das condições meteorológicas.

3.2.8 Produtos do babaçu

Com a palmeira babaçu se produz o cofo, a meaçaba, balaio, arranjos, tapar parede, cobre-se casas (MENDONÇA, 2006). Segundo DESER (2007), do babaçu se extrai o azeite, o carvão, fertilizantes, farinha de mesocarpo. Da extração do óleo, resulta também a torta de babaçu que se destina para fabricação de rações para animais.

Das amêndoas verdes recém-extraídas, depois de raladas e espremidas, resulta num leite nutritivo. Das cascas se produz uma fumaça que repele insetos. Ainda da casca deriva o etanol, metanol, coque, carvão ativado, gases combustíveis, acido acético e alcatrão. O carvão industrial pode ser empregado na fabricação de filtros de cigarros (CARVALHO, 2007).

3.2.9 Extração do óleo/processamento

Duas são as formas de se extrair o óleo do babaçu, extração mecânica/prensagem ou através de solvente. O segundo processo tem custo maior, mas tem mais eficiência na extração, já que o conteúdo residual de óleo na torta é menor (DESER, 2007 e CARVALHO, 2007). De acordo com Teixeira (2003), uma forma não exclui a outra, muitas vezes são associadas.

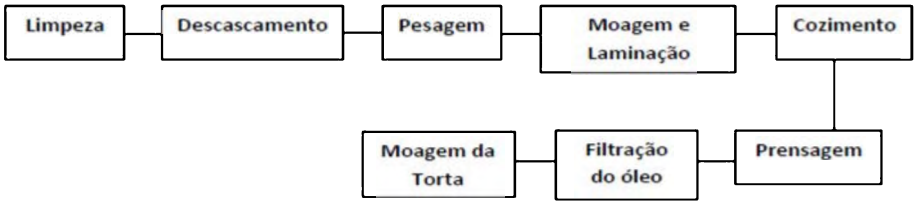
O processo de extração por prensagem de óleos vegetais compreende as fases que seguem (CARVALHO, 2003 e TEIXEIRA, 2003).

Digitized by Google

» Extração por prensagem

O fluxograma do sistema pode ser visto na Figura 3.6.

Figura 3.6. Processo de extração de óleo vegetal por prensagem.



Fonte: adaptado de Teixeira, 2003.

- ***Limpeza do fruto***

O fruto para ser processado deve estar livre de impurezas que venham junto com os frutos como terra, areia, entre outras, que possam prejudicar os equipamentos e reduzir o rendimento de óleo. Utilizam-se para isto peneiras vibratórias e mesas gravitacionais.

- ***Descascamento dos frutos***

Para o descascamento utiliza-se de equipamentos como quebradores passando por cilindros que giram em velocidades diferentes e em sentidos opostos. A separação feita em peneiras vibratórias e por insuflação de ar.

- ***Pesagem***

É o procedimento feito para obter melhor controle e determinação dos rendimentos. Podendo ser efetuado antes do descascamento, mas o volume é maior.

- ***Moagem e laminação***

Nesta etapa também conhecida como trituração e laminação, rompem-se os tecidos das células para facilitar a saída do óleo, entretanto, isto ativa as enzimas celulares que aceleram a deterioração. Esta etapa tem por objetivo promover o cozimento e a prensagem, sendo que em sementes com alto teor de óleo, se pode dispensar a trituração.

Digitized by Google

- ***Cozimento***

Executado em tachos cozedores com o objetivo de liberar as partículas de óleo das células através de uma ruptura adicional. Para tanto, no cozimento se deve ter controle da temperatura, umidade e o tempo. Através do cozimento controlado elimina também as toxinas. O cozedor é construído com câmaras de vapor saturado, entretanto, em pequenas produções, pode se executar em fogo direto, sem a caldeira que gera vapor.

- ***Prensagem***

É na prensagem que ocorre a extração do óleo propriamente dita, e pode ser contínua ou descontínua. Nas prensas contínuas, a massa é comprimida por um eixo helicoidal giratório dentro de um recipiente com aberturas onde sai o óleo. No processo descontínuo, a massa é prensada por um cilindro hidráulico dentro do recipiente.

- ***Filtração do óleo***

Este processo é realizado para separar partículas da massa presente no óleo para posterior estocagem. Para tanto, utiliza-se o filtro prensa, filtro de placas verticais e, em casos eventuais, peneiras vibratórias.

- ***Moagem da torta***

Produto resultante da extração do óleo, a torta pode ser moída para homogeneizar a sua granulometria para posteriores usos.

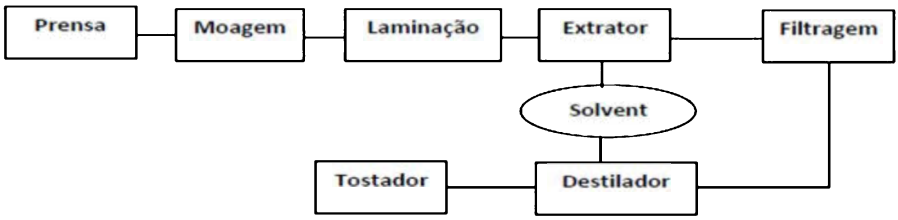
O processo de extração por solvente de óleos vegetais compreende as fases que seguem (TEIXEIRA, 2003).

» Extração por solvente

Em muitas vezes, a extração por solventes é associada à extração por prensagem, como estratégia de recuperar até 5% óleos que restam, mas pode ser utilizada de forma isolada. O fluxograma geral do processo pode ser visualizado na Figura 3.7.

Digitized by Google

Figura 3.7. Processo de extração de óleo vegetal por solvente.



Fonte: adaptado de Teixeira, 2003.

- ***Saída da prensa***

Fim do processo de extração do óleo pela prensa.

- ***Moagem da torta***

Tem por objetivo maior exposição das células.

- ***Laminação***

Procedimento utilizado para que a torta possa adquirir uma geometria desejável para o processo.

- ***Extrator***

Nesta etapa ocorre a mistura do solvente, é normal usar Hexana, uma fração do petróleo com ponte de ebulição a 70 °C. Os processos utilizados são o descontínuo, pouco usado, semi-contínuo, mais utilizado em indústrias de pequeno e médio porte e, contínuo, usado nas grandes indústrias. A finalização desta etapa resulta num composto, que é uma mistura de óleo e torta.

- ***Filtragem do composto***

Filtra-se o composto para retirada de impurezas.

- ***Destilação do composto***

A separação do solvente e do óleo feito por uma destilação a vácuo com uso de vapor fortemente aquecido.

- ***Tostador do farelo***

Nesta última etapa, o objetivo é retirar os resíduos do solvente e

Digitized by Google

permitir a utilização do farelo em fins alimentares. Ao final do processo, teor de óleo na massa se reduz para valores de 0,5% a 0,6%.

3.2.10 Características do óleo de babaçu

Tabela 3.8: Composição química do óleo de babaçu

Ácido graxo	Contribuição percentual
Ácido caprílico (C8:0)	5,0 %
Ácido cáprico (C10:0)	6,0 %
Ácido láurico (C12:0)	44,0 %
Ácido mirístico (C14:0)	17,0 %
Ácido palmítico (C16:0)	8,0 %
Ácido esteárico (C18:0)	4,5 %
Ácido oléico (C18:0)	14,0 %
Ácido linoléico (C18:0)	2,0 %

Fonte: Lima et al., 2007.

No que se refere à produção de óleo combustível, o óleo de babaçu tem atributos excelentes para produção de biodiesel, porque na sua composição é predominantemente láurica (Tabela 3.8). Este fato facilita a reação de transesterificação, pois os ésteres láuricos são compostos de cadeias curtas que interagem mais eficaz e efetivamente com o agente transesterificante e com o catalisador, assim se obtém um produto, o biodiesel, de excelentes características físico-químicas (LIMA et al., 2007).

Um comparativo entre o óleo e o biodiesel do babaçu pode ser visto na tabela 3.9, onde o poder calorífico do biodiesel está superior ao do óleo, com uma densidade menor. O óleo do babaçu possui uma viscosidade maior ao do biodiesel, mas ambos apresentam um teor de cinzas igual. Quanto ao resíduo de carbono o óleo se apresenta com um voluma maior que o biodiesel.

A tabela 3.9 traz as características do óleo e do biodiesel obtido a partir do fruto do babaçu.

Digitized by Google

Tabela 3.9: Características do óleo e do biodiesel de babaçu

Poder calorífico (kcal/kg)	9049	9440
Densidade a 25ºC (g/cm³)	0,9153	0,8865
Destilação 90% (ºC)	30,3	3,9
Viscosidade a 37,8ºC (cSt)	349	333
Teor de cinzas %	0,03	0,03
Resíduo de carbono Conradson sobre 10% do resíduo de destilação %	0,28	0,03

Fonte: Costa Neto (2001 apud NASCIMENTO, 2007).

3.2.11 O babaçu no contexto social e ambiental

O envolvimento da sociedade com a palmeira babaçu acentuou-se quando esse produto adquiriu valor de mercado, a partir do século XIX, principalmente no século XX. Nesse mesmo período se tornaram comuns notícias a respeito do babaçu, como anúncio de compra venda e denúncias de furtos do produto em comércios, além de registro de exportação, onde o primeiro que se tem notícia ocorreu em 1867 (BARBOSA, 2008).

O estudo realizado por Barreto (2006), aponta que a maioria das quebradeiras de coco de Cocalinhos-MT, são mulheres com mais de 40 anos não alfabetizadas ou não concluíram a quarta série primária. Para a maioria destes catadores, a coleta e quebra do coco é a maior fonte de renda, quando não, a única. De acordo com Mendonça Neto et al., (2010), esse trabalho é passado de mãe para filha, todas na contribuição da renda familiar. É uma história marcada por lutas e conflitos. Segundo Barbosa (2008), o babaçu tem sido um componente que a partir dele as mulheres constroem sentimentos e se auto identificam. O envolvimento dessas extrativistas vai desde a forma artística e cultural avançando para a militância política.

Em conformidade com Mendonça Neto et al., (2010), as quebradeiras de coco enfrentam muitos obstáculos para ter acesso aos babaçuais, atravessam cercas para alcançar seu objetivo, por que a maioria das palmeiras estão localizadas em terras de fazendeiros. Este fato impulsionou o aparecimento de organizações em defesa desta classe, destacan-

Digitized by Google

do-se o Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB), envolvendo as quebradeiras de coco do Piauí, Maranhão, Tocantins e Pará, movimento articulado em 1991, no seu primeiro encontro interestadual das quebradeiras de coco babaçu, em São Luiz no Maranhão.

Segundo a EMBRAPA (1984), sua importância social se acentuou pela grande capacidade de absorver mão de obra, principalmente na entressafra das culturas tradicionais dos estados onde ocorre. Entretanto, de acordo com Barbosa (2008), por outro lado há o movimento em busca do processo de valorização econômica e comercial do babaçu, tendo como guias estudiosos, empresários e governantes, que seu empenho é na procura de máquinas eficientes para quebrar coco e ser capaz de substituir a mão de obra camponesa da quebra do coco. Aliada a luta das quebradeiras do coco babaçu, está incluso a preocupação com a preservação dos babaçuais como forma de garantir a renovação deste recurso.

De acordo com Barros (2011), a boa capacidade de se adaptar do babaçu indica que poderia ser utilizado no reflorestamento de terras demasiadamente secas ou pobres em nutrientes. Com a expansão de babaçuais além de suas áreas que ocorre naturalmente, poderia fornecer produtos mercantis e de subsistência para outras populações, garantindo ainda a melhoria da qualidade ambiental, pois sua cobertura vegetal é permanente. Neste sentido Tobasa (2013), afirma que o babaçu exerce função fundamental na conservação da fertilidade do solo, que é essencial na sustentabilidade dos sistemas produtivos agropecuários.

3.3 Macaúba

A palmeira macaúba pertence a família palmae, seu nome científico é *Acrocomia aculeata. Acrocomia* significa "mecha na altura", e *aculeata* que dizer espinhenta, pois geralmente possui espinhos em seu caule (ARISTONE e LEME, 2008). Segundo Wandeck e Justo (1982 apud SILVA, 2007), há uma grande diversidade de espécie e uma multiplicidade de denominações vulgares regionais, embora todas fossem

Digitized by Google

referentes ao gênero *acrocomia*, sendo a mesma palmeira macaúba. Ver tabela 3.10.

Algumas variações de nomes populares surgiram devido a questão de sotaque da língua, como exemplo se tem macaúba, macaíba, macajuba e macaúva. Vale-se o mesmo para bocaiúva, bacaiúva, ou para mocujá, mucujá. Outros nomes são dados para a *Acrocomia aculeata*, exemplo, coco-de-catarro, coco-de-espinho ou coco-baboso entre outros tantos que existem, a diversidade de nomes ocorreu devido a presença desta palmeira em diversas regiões, com diferentes formas da pronúncia de palavras (ARISTONE e LEME, 2008).

Tabela 3.10: Variação das espécies de macaúba do gênero Acrocomia, nomes regionais e locais de ocorrência.

Espécies	**Nomes regionais**	**Estados de ocorrência**
A. *aculeata*	macaúba, bocaiúva, coco baboso e coco catarro	MG, MS, PA, RJ e SP
A. *intumescens*	macaíba, barriguda, camaíba	PE, PB e PA
A. *glaucophylla*	bocaiúva, bacaiúba, macujá	AM, GO e MS
A. *mokayaba*	macajaíba e mbocaiúva	MT
A. *odorata*	bocaiúva dos pantanais	MS
A. *microcarpa*	mucujá, mbocaiá	AM
A. *criocantha*	mocaiá, mucajá	AM
A. *wallaceana*	mocaiá, mocajá	PA e AM
A. *totai*	mocaiá, mbocaiá	RS, SC, PR até o Paraguai e Argentina.

Fonte: Silva, 2007.

3.3.1 Origem e distribuição

A macaúba é originária do Brasil, encontra-se em quase todo o país, estendendo-se de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e por todo o Centro Oeste, Norte e Nordeste. Encontra-se também no Paraná, porém em proporção bem menor (ARISTONE e LEME, 2008). Como se pode observar na figura 3.8 a seguir.

Digitized by Google

Figura 3.8. Mapa de regiões que possuem maior ocorrência de macaúba no Brasil.

Fonte: Melo, 2012.

De acordo com Wandeck e Justo (1982 apud SILVA, 2007), a macaúba é encontrada em praticamente toda a região tropical e até em áreas subtropicais do planeta. Encontra-se distribuída do México ao sul do Brasil, atingindo o Paraguai e Argentina, mas não está presente no Equador e Peru.

Nas observações de Santos Júnior et al., (2012), no Brasil, a macaúba é encontrada no cerrado, na floresta amazônica e pantanal, porém, com maior incidência na região de transição entre cerrado e pantanal.

3.3.2 Clima e solo

Apesar de algumas controvérsias, os solos aparentemente não são limitantes ao desenvolvimento da palmeira macaúba, embora se tenha observado um melhor desempenho em solos profundos de alta fertilidade e ao longo dos córregos e rios, se apresenta muito bem também em solos arenosos, em clima quente e úmido com plena iluminação solar (SILVA, 2007).

Digitized by Google

3.3.3 Características da planta

- ***A planta***

A palmeira macaúba possui o tronco ereto e cilíndrico, com diâmetro variando entre 30 a 40 centímetros, e atinge até 20 metros de altura (SILVA, 2007). A figura 3.9 ilustra estas características da palmeira macaúba.

Figura 3.9: Planta adulta da macaúba

Fonte: Adaptado de Nucci, 2007.

Neste sentido, Santos Júnior et al., (2012) observam que, as palmeiras jovens tem na região dos entre nós, espinhos pretos com aproximadamente 10 centímetros de comprimento. Segundo Silva (2007), é uma planta que apresenta bastante resistência a secas, queimadas, pragas e doenças. Possui cicatrizes foliares anuais com distância entre 10 centímetros entre si ao longo de quase todo o tronco, contém entre 20 e 30 folhas com 3 a 5 metros de comprimento, crespas e que compõe copa rala e aberta. Em adendo, Santos Júnior et al., (2012), as folhas possuem muitos espinhos, e mesmo depois de secas permanecem grudadas no tronco. Na figura 3.9 visualiza-se a planta adulta.

O sistema radicular é profundo e bastante desenvolvido (SILVA, 2007). Aristone e Leme (2008) observam que o florescimento ocorre de

Digitized by Google

setembro a janeiro. Seu fruto leva de 13 a 14 meses para amadurecer. Santos Júnior et al., (2012) atentam que a frutificação ocorre entre o quarto e sexto ano de vida da planta, e permanece produzindo por muitas décadas.

- ***As folhas***

Nos períodos de seca prolongada, as folhas podem ser usadas para alimentar ruminantes. A tabela 3.11 apresenta dados referentes a composição das folhas da macaúba.

Tabela 3.11: Composição percentual da folha + ráquis de macaúba.

Componentes	Matéria seca	Material natural
Matéria seca	100,00	38,42
Proteína bruta	6,64	2,13
Extrato etéreo	4,01	1,54
Parede celular	75,66	29,01
Lignocelulose	41,04	15,77
Matéria mineral	8,22	3,16
Hemicelulose	34,62	-
Conteúdo celular	24,34	-

Fonte: Silva 2007.

As folhas apresentam teor de proteínas baixo com alto teor de fibras, sendo recomendado o seu uso apenas como volumoso de baixa qualidade para ruminantes. Utilizam-se os folíolos para a fabricação de fibras têxteis que se transformam em linho de cor branco-esverdeado, fino, macio, com bastante resistência, empregado na fabricação de linhas de pesca, cordas, cordões e tecidos para redes. Os pecíolos, quando tratados, fornecem material para a indústria têxtil, na produção de fibras ou para produção artesanal de chapéus, cestas, balaios e outros. Os espinhos são duros e resistentes e as rendeiras já os utilizaram como alfinetes e agulhas em seu trabalho. Com as inflorescências, pode-se confeccionar decorações, principalmente nos festejos natalinos (SIVA 2007).

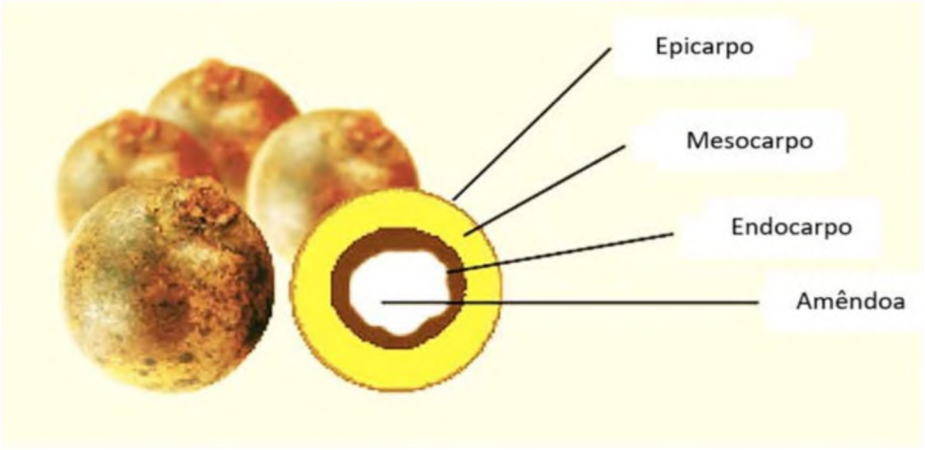
Digitized by Google

- ***O fruto***

O fruto é o produto economicamente mais representativo da palmeira macaúba, é esférico ou ligeiramente achatado, quando maduro, o epicarpo é duro e quebradiço. A polpa ou mesocarpo é fibroso de sabor adocicado. O endocarpo é fortemente aderido a polpa fibrosa. A amêndoa é oleaginosa e comestível, em regra geral os frutos possuem uma e, muito raramente duas ou três amêndoas, correspondendo a duas ou três lojas seminais. O óleo da polpa possui elevada acidez, quase sempre superior a 40%, o que torna inviável sua utilização na alimentação humana, adquirindo mau cheiro, de coloração marrom escuro e rançoso (SILVA, 2007).

Na figura 3.10 visualiza-se o fruto inteiro da macaúba e suas partes.

Figura 3.10. Fruto da macaúba e suas partes.



Fonte: Adaptado de Farias, 2010.

Para atingir o máximo de rendimento, o fruto necessariamente precisa estar totalmente maduro quando colhido e processado (SILVA, 2007).

Para o armazenamento dos frutos, Santos Júnior et al., (2012) observam que, um melhor aproveitamento é obtido quando armazenados em baixa temperatura, ou mesmo congelados, porque ao natural dura pouco tempo.

Em linhas gerais, a tabela 3.12 evidencia que o coco macaúba é constituído das seguintes partes:

Digitized by Google

Tabela 3.12: Constituintes do coco macaúba, características e aplicações.

Constituintes	%	Características e aplicações
Epicarpo	20 a 30	Composta de um tecido rico em fibras, a superfície interna é porosa e contém certo teor de óleo, 4 a 5%; é dura, porém, quebradiça; quando novas possuem uma impubescência, maduras já não possuem; a sua coloração é verde-oliváceo, variando para pardacento. Rica em potássio e teores desejáveis de sódio, cálcio, fósforo, magnésio e sílica; servindo de fertilizantes e rações.
Mesocarpo	30 a 40	Quando maduro possui a polpa amarela, adocicada e aromatizada, oleosa, podendo atingir até 62% de óleo, quando verdes, este índice cai para menos de 10%. Após a colheita deve ser tratada para que não se deteriore.
Endocarpo	± 31	É um tecido lignificado muito duro e resistente, sendo o protetor por excelência das amêndoas; fornece um excelente carvão.
Amêndoa	6 a 7	Formada por uma massa branca, macia, oleaginosa, aromática, doce, de gosto agradável e comestível; são naturalmente protegidas pelo endocarpo e podem ser armazenadas durante certo tempo sem se deteriorar; o seu teor de óleo varia de 60 a70%.

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

O aproveitamento das partes dos frutos da macaúba e seus produtos que são transformados são vistos no esquema da figura 3.9.

A tabela 3.13: apresenta as características do epicarpo do coco de macaúba.

Tabela 3.13 Composição percentual do epicarpo do coco de macaúba (%).

Componentes	**Matéria seca**	**Material natural**
Matéria seca	100,00	90,22
Proteína bruta	4,77	4,30
Extrato etéreo	35,03	31,60
Parede celular	60,15	54,27
Lignocelulose	53,33	48,12
Matéria mineral	7,79	7,03
Hemicelulose	6,82	-
Conteúdo celular	39,85	-

Fonte: apud Silva, 2007.

De acordo com Silva (2007), a tabela 3.13 evidencia que o teor de proteínas é bastante reduzido e os teores de fibras e de óleo são elevados; o seu uso pode ser recomendado como fonte reguladora de proteínas nas formulações de rações, quando misturado com as tortas residuais da polpa e das amêndoas; é descartado o seu uso para animais monogástricos, mas pode ser usada, com reserva, para ruminantes.

Digitized by Google

A tabela 3.14 apresenta os componentes do mesocarpo do coco de macaúba.

Tabela 3.14: Composição percentual da torta do mesocarpo do coco de macaúba (%).

Componentes	Valor
Umidade	5,55
Sólidos totais	94,45
Matéria graxa	51,75
Proteínas	2,93
Celulose bruta	13,23
Matéria mineral	2,78

Fonte: Novaes (1952 apud SILVA, 2007, p. 36).

Segundo Silva (2007), o mesocarpo contém uma mistura de óleo, matérias amiláceas, corantes e fibras. A sua composição varia de acordo com o grau de maturação do fruto, é rica em umidade quando verde e pobre em matéria graxa, suas fibras são muito coladas aos outros tecidos, além de ter uma manipulação praticamente impossível. O óleo de frutos frescos se apresenta amarelo dourado, escurecendo com a queda da qualidade dos frutos. O óleo é apropriado para a fabricação de sabão e, quando extraído de frutos frescos, apresenta um teor de ácidos graxos livres, podendo ser refinado e destinado para fabricar sorvetes, margarina e ser usado na culinária como óleo de fritura.

A tabela 3.15 evidencia em média os componentes do endocarpo do coco de macaúba.

Tabela 3.15: Composição média do endocarpo do coco macaúba (%)

Especificações	Endocarpo do coco fresco
Umidade	8,123
Matéria seca	91,877
Matéria graxa	1,369
Proteínas	4,563
Fibras	40,885
Matéria mineral	1,876

Fonte: Silva (1986 apud SILVA, 2007, p. 39).

Digitized by Google

De acordo com Silva (2007), é um tecido rico em feixes vasculares, fibras e parênquima de enchimento, formando um tecido lignificado bastante duro e resistente.

A tabela 3.16 apresenta os componentes da amêndoa do coco de macaúba.

Tabela 3.16: Composição média da amêndoa do coco macaúba (%).

Umidade	4,653
Matéria seca	95,384
Matéria graxa	55,741
Proteínas	13,141
Fibras	9,243
Matéria mineral	1,751

Fonte: Novaes (1952 apud SILVA, 2007, p. 40).

O óleo refinado da amêndoa apresenta baixo teor de ácidos graxos livres e propriedades semelhantes aos óleos de babaçu, podendo ser usado na culinária, na fabricação de margarina e até substituir o óleo de oliva. Também pode ser usado para a fabricação de sabonetes, xampus e outros espumantes.

Após a extração do óleo da amêndoa, resta a torta e, a tabela 3.17 evidencia seus componentes.

Tabela 3.17: composição da torta da amêndoa.

Componentes	**Valor**
Umidade	8,7%
Proteína bruta	31,6%
Proteína verdadeira	31,4%
Matéria graxa	7,0%
Carboidratos	3,5%
Fibras	11,7%
Matéria mineral	5,5%
Razão nutritiva	1 : 1,6

Fonte: Novaes (1952 apud SILVA, 2007, p. 41).

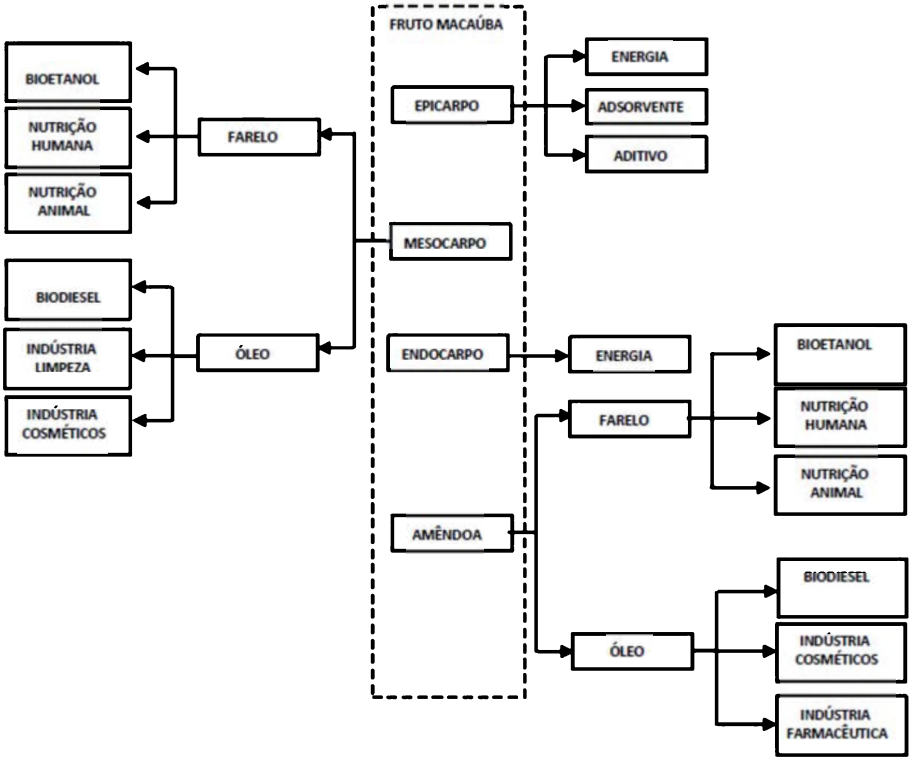
Segundo Silva (2007), a torta possui elevado teor de proteínas e

Digitized by Google

pode ser utilizada na alimentação humana e animal. Misturada com outros minerais, é possível ser utilizada como fertilizante, melhorando as propriedades físicas do solo.

A figura 3.11 apresenta as partes do fruto e seus possíveis usos.

Figura 3.11. Esquema do aproveitamento dos componentes do fruto macaúba após processamento.



Fonte: Adaptado de Melo, 2012.

A figura 3.9 retrata possíveis produtos obtidos a partir do fruto da palmeira macaúba, destaca-se, no entanto, a seguir, as fontes de energia, seus processos de obtenção e seus possíveis usos.

Do epicarpo, a energia produzida refere-se a própria combustão do mesmo, servindo para aquecer ambientes e fornalhas e, com o óleo bruto extraído do epicarpo, passando pelo processo de transformação que pode ser o de transesterificação, se obtém o biodiesel, produto usado em combustão em motores.

Digitized by Google

Com o óleo bruto extraído do mesocarpo, passando pelo processo de transformação que pode ser o de transesterificação, se obtém o biodiesel, produto usado em combustão em motores e, nesse processo, outro produto obtido é a torta, que submetida ao processo de liquefação, se produz o combustível liquido, neste caso, o bioetanol.

Com o endocarpo, a energia produzida vem da própria combustão do mesmo, servindo para aquecer ambientes e fornalhas, bem como passando pelo processo de carbonização se transformando em carvão, podendo ser usado também no aquecimento de ambientes e fornalhas.

Do o óleo bruto extraído do mesocarpo, passando pelo processo de transformação que pode ser o de transesterificação, se obtém o biodiesel, produto usado em combustão em motores e, nesse processo, outro produto obtido é a torta, que submetida ao processo de liquefação, se produz o combustível líquido, neste caso, o bioetanol. Como se observa na figura 3.11 há grande variedade de produtos possíveis obtidos a partir do fruto da macaúba e, diversas fontes de energia.

De acordo com Oliveira (2008), o poder calorífico da macaúba é de 20.243,74 kJ/kg do fruto integral.

Na tabela 3.18, são apresentados os dados quantitativos médios da umidade e, dos percentuais de óleo em cada uma das partes do coco de macaúba.

Tabela 3.18: Dados quantitativos do fruto da palmeira macaúba em valores médios.

Características do fruto fresco	
Massa (g)	46,0
Umidade %	33,0
Teor de óleo do fruto fresco %	22,9
Teor de óleo do fruto seco %	34,3

Fonte: Rettore e Martins (1983 apud ANDRADE et al., 2006, p. 4).

3.3.4 Propagação

Diferentemente do babaçu, a macaúba tem baixa porcentagem de germinação, devido a impermeabilidade do endocarpo, e neste senti-

Digitized by Google

do a propagação que se dá por fruto/semente, apresenta certos obstáculos aos métodos convencionais utilizados (SILVA, 2007). Neste sentido Santos júnior et al., (2012), observam que por ser a macaúba uma planta rústica e primitiva, sobrevive muito bem a queimadas, sendo comum dizer que as mudas surgem após a queimadas, o que tem um grande fundo de verdade, pois o fogo promove a quebra de dormência das sementes.

De acordo com Teles et al., (2011) pode ser cultivada consorciada a pastagens. Em adendo, Cargnin; Junqueira e Fogaça (2008) acreditam que além de ser utilizada em sistemas agrossilvipastoril, pode ser consorciada com culturas anuais com boas perspectivas de produção.

3.3.5 Tratos culturais

A exploração da macaúba ainda é extrativista, entretanto, para uma exploração industrial, estudos apontam a necessidade de desenvolver técnicas de cultivo (WANDECK & JUSTO, 1988 apud MANFIO, 2010). Neste sentido Santos Júnior et al., (2012), destacam que enterrar superficialmente em viveiros com uma camada de terra fértil do campo e sem irrigação, as mudas nascerão em 2 a 3 meses.

3.3.6 Pragas e doenças

O mau acondicionamento faz com que os frutos sejam atacados pelo "bicho-do-coco", cientificamente conhecido por *Pachymerus nucleorum*, que rompe as primeiras camadas do coco atingindo a amêndoa para se alimentar (SILVA, 2007)

3.3.7 Colheita e produtividade

A época de colheita no Brasil ocorre de acordo com as diversidades climáticas regionais, embora ocorra com maior frequência de dezembro a maio. Quando maduros os frutos caem naturalmente das árvores, precisando ser recolhidos e acondicionados. Após a colheita, os

Digitized by Google

frutos devem ser transportados rapidamente para a usina de processamento para evitar danos com pragas (SILVA, 2007)

Farias (2010) estabelece a seguinte sequência para coleta e armazenamento do fruto da macaúba, com o objetivo de se obter o óleo da polpa com baixo índice de acidez: limpeza da área em uma ou duas semanas antes do início do amadurecimento dos frutos; coletar os frutos que não tenham rachaduras ou danos aparentes; realizar a coleta em intervalos de cinco dias, podendo ser no máximo de sete dias; colocar os frutos em água fervente logo após a coleta por 20 a 30 minutos; secar em ambiente com sol forte por no mínimo dois dias em local limpo e livre de pragas; armazenar por até 14 dias em local limpo, coberto, protegido de intempéries, previamente saneado e dedetizado e, reduzindo-se o máximo o empilhamento dos frutos; transportar até a unidade de beneficiamento; aquecê-los na temperatura mínima de 120ºC, ou até reduzir a umidade a 10%m/m; estocar por no máximo de 30 dias.

Um hectare de área pode comportar até 200 palmeiras, atingindo uma produção de até 25 toneladas de cocos por ano (SILVA, 2007)

3.3.8 Produtos da macaúba

Das palmeiras novas e dos rebentos retira-se o palmito. Da parte externa do tronco, bastante resistente, é utilizado na construção civil rural rústica e como mourão de cerca. Da porção interna se obtém uma fécula nutritiva e uma seiva que se transforma em bebida vinhosa após fermentação. As folhas são utilizadas para forragem, cobertura de casas, indústria têxtil e artesanato (SILVA, 2007)

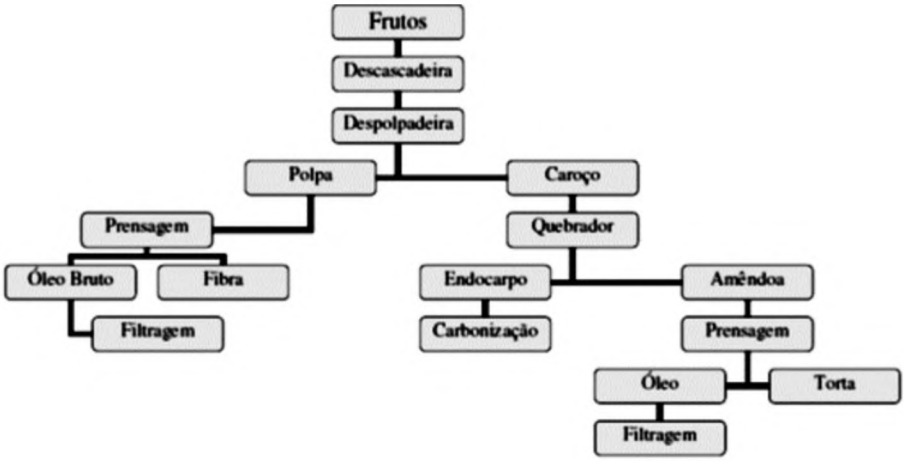
3.3.9 Extração do óleo/procedimentos

Os frutos amadurecem, caem e são recolhidos manualmente e em seguida acondicionados em ambiente fresco e permanecendo ali entorno de 20 dias para concluírem o amadurecimento, atingindo a quantidade máxima de óleo, só então o coco está pronto para a extração do óleo.

Digitized by Google

O processo tem início com a lavação dos frutos, em seguida são direcionados para o descascador, para retirar o epicarpo, que por possuir quantidade muito pequena de óleo, inviabilizando a extração, é destinado a queima tornando-se fonte de energia. O passo seguinte é a retirada do mesocarpo através da despolpa, que em seguida passa por uma prensa mecânica extraindo-se o óleo. Por último, quebra-se o endocarpo que é uma casca rígida e lenhosa destinada a carbonização, retirando-se a amêndoa, que por sua vez também passa pela prensa para extrair o óleo. Finalmente, tanto o óleo do mesocarpo quanto da amêndoa, são filtrados em filtros de prensa mecânica (MELO et al., 2009). O processo é evidenciado a seguir no fluxograma da figura 3.12.

Figura 3.12. Fluxograma das etapas de obtenção dos óleos do mesocarpo e amêndoa, através da prensa mecânica do fruto macaúba.



Fonte: MELO et al., 2009.

3.3.10 Características do óleo de macaúba

As características físico-químicas dos óleos de macaúba estão apresentadas na tabela 3.19, em valores médios.

Digitized by Google

Tabela 3.19: composições físico-químicas dos óleos de macaúba.

Propriedades	Óleo de macaúba		
	Casca	Polpa	Amêndoa
Peso molecular médio (CG)	859	866	710
Pode calorífico superior (kcal/kg)	9370	9380	8520
Viscosidade a 37,8ºC (cst)	42,5	46,4	35,2
Carbono %	75,93	76,03	75,08
Hidrogênio %	11,62	11,51	11,65
Oxigênio %	12,45	12,46	13,27

Fonte: Rettore e Martins (1983 apud ANDRADE et al., 2006, p. 5).

Segundo Andrade (2006, p. 5),

> "Os percentuais de carbono, hidrogênio e oxigênio presentes nos óleos vegetais referem-se, predominantemente, a triglicerídeos, moléculas de glicerina com três grupos hidroxilas quimicamente ligadas a três moléculas de ácidos graxos. Em geral, os triglicerídeos contêm diferentes ácidos graxos, que representam mais de 95% de seu peso molecular e propiciam, ao óleo vegetal, diferentes propriedades físicas e químicas".

Deste modo, a composição dos ácidos graxos é o principal parâmetro indicador das propriedades do óleo vegetal (ANDRADE et al., 2006). Na tabela 3.20 se apresenta a distribuição graxa dos óleos extraídos das partes do fruto de macaúba. Observa-se que há a predominância do ácido oléico em duas partes do fruto, na casca e na polpa, tendo grande presença também na amêndoa, mas não predominando. O que predomina na amêndoa é o láurico, sendo este não presente na casca e na polpa. A amêndoa ainda apresenta de forma exclusiva o ácido caprílico, o cárico e o merístico. O palmítico se encontra nas três partes do fruto que contém óleo, sendo mais forte sua presença na casca e na polpa. Observa-se uma boa presença do linoleico na casca e na polpa, sendo que na amêndoa se encontra em baixo percentual. Com menor expressão, mas encontrado nas três partes citadas está o esteárico. O palmitoléico se encontra na casca e na polpa, mas não na amêndoa e, com menor percentual se tem ainda o linolênico na casca e na polpa.

Digitized by Google

De modo geral as características do óleo da casca e da polpa são semelhantes, sendo o da amêndoa diferente, principalmente pela presença do ácido láurico.

Tabela 3.20: Composição em Ácidos Graxos (%) do óleo da macaúba em valores médios.

Ácido graxo	Macaúba		
	Casca	Polpa	Amêndoa
Caprílico	-	-	6,2
Cárico	-	-	5,3
Láurico	-	-	43,6
Mirístico	-	-	8,5
Palmítico	24,6	18,7	5,3
Esteárico	5,1	2,8	2,4
Palmitoléico	6,2	4,0	-
Oléico	51,5	53,4	25,5
Linoléico	11,3	17,7	3,3
Linolênico	1,3	1,5	-

Fonte: Rettore e Martins (1983 apud ANDRADE et al., 2006, p. 6).

Na tabela 3.21 são evidenciados os parâmetros físico-químicos do biodiesel metílico e etílico obtido a partir do óleo da amêndoa da macaúba.

Tabela 3.21: Parâmetros físico-químicos do biodiesel metílico (BMA) e etílico (BEA) do óleo da amêndoa da macaúba, obtidos via catálise básica.

Propriedades físico-químicas	Unidades	BMA	BEA	Limites ANP
Índice de acidez	mg KOH/g	0,33 (± 0,02)	0,54 (± 0,06)	Máx. 0,80
Índice de saponificação	g KOH/100g	52,98 (± 1,08)	58,37 (± 3,35)	-
Massa específica	Kg/m^3	920,0 (± 1,3)	930,0 (± 2,8)	850,0~ 900,0
Índice de peróxido	m_{eq}/kg	0,24 (± 0,02)	0,37 (± 0,05)	-
Viscosidade cinemática	mm^2/s	4,00 (± 0,14)	5,02 (± 0,03)	3,00 ~ 6,00
Teor de umidade	%	0,06 (± 0,03)	0,08 (± 0,04)	-
Estabilidade à oxidação	horas	3,00 (± 0,04)	2,92 (± 0,05)	Mín. 6,00
Resíduo de carbono	% m/m	0,02 (± 0,02)	0,03 (± 0,02)	Máx. 0,05
Glicerol livre	% m/m	0,02 (± 0,04)	0,03 (± 0,06)	Máx. 0,20

Fonte: Melo, 2012.

Na tabela 3.22 apresentam-se os parâmetros físicos e químicos do

Digitized by Google

biodiesel metílico e etílico obtido a partir do óleo do mesocarpo da macaúba. Segundo Melo (2012), a produção de biodiesel metílico do mesocarpo por catálise dupla, foi realizada uma primeira etapa com base na catálise ácida, para converter os ácidos graxos em ésteres alquílicos, diminuindo a acidez do óleo, tornando-o próprio para a transesterificação a partir da catálise alcalina.

Tabela 3.22: Parâmetros físico-químicos do biodiesel metílico (BMM) e etílico (BEM) do óleo do mesocarpo da macaúba, obtidos via catálise dupla.

Propriedades físico-químicas	Unidades	BMM	BEM	Limites ANP
Índice de acidez	mg KOH/g	2,75 (± 0,64)	2,64 (± 0,10)	Máx. 0,80
Índice de saponificação	g KOH/100g	159,2 (± 1,9)	161,9 (± 2,2)	-
Massa específica	Kg/m^3	870,0 (± 0,7)	880,0 (± 1,0)	850,0~ 900,0
Índice de peróxido	m_{eq}/kg	10,5 (± 0,4)	11,4 (± 0,7)	-
Viscosidade cinemática	mm^2/s	5,90 (± 0,29)	6,10 (± 0,28)	3,00 ~ 6,00
Teor de umidade	%	0,70 (± 0,13)	1,13 ± (0,28)	-
Estabilidade à oxidação	horas	0,91 (± 0,07)	0,89 (± 0,03)	Mín. 6,00
Resíduo de carbono	% m/m	0,027(± 0,019)	0,034(± 0,018)	Máx. 0,05
Glicerol livre	% m/m	0,03 (± 0,05)	0,03 (± 0,09)	Máx. 0,20

Fonte: Melo, 2012.

3.3.11 A macaúba no contexto social e ambiental

Entorno da macaúba formaram-se associações de catadores do coco para o processo de beneficiamento. Segundo Farias (2010), a macaúba surge como uma boa opção para o acréscimo de unidades de beneficiamento. Como exemplo, se tem uma unidade que faz o processamento dos frutos para a extração de óleos no Norte de Minas Gerais, a UBCM (Unidade de Beneficiamento do Coco Macaúba). Estes tipos de unidades extrativistas poderão fornecer matéria-prima de qualidade para grandes esmagadoras. Bem como, poderão ter acrescentada à estrutura de fabricação, os sistemas de extração de óleos adequados nas condições locais, exclusivas de cada comunidade, podendo processar o fruto da macaúba e outras oleaginosas.

Segundo Lorenzi et al., (2011), a única forma de obtenção deste

Digitized by Google

recurso ainda é o extrativismo em populações silvestres. O processo é executado por quem vive nas áreas de ocorrência natural da macaúba, são os agricultores/catadores, os quais veem esta atividade como fonte complementar de renda da família. A coleta é feita em áreas de propriedade alheia e repassado em percentual aos proprietários da área. Esta atividade é vista como importante para a melhoria da qualidade de vida da população local.

Segundo Dias et al., (2011), do ponto de vista ambiental, o processo de degradação de pastagens contribui negativamente para o processo hidrológico de microbacias. As características botânicas e morfológicas da macaúba favorecem a captação da água de maneira eficiente e, o sistema radicular do tipo fasciculado pode ter o funcionamento de uma esponja, que após a água ser escoada pelo tronco a absorve, armazena e a disponibiliza, também promove a infiltração e redução do escoamento superficial. A macaúba pode se constituir em barreira física contra o escoamento superficial da água livre e, protege o solo com suas folhas arcadas. O seu cultivo em consórcio com pasto pode trazer ganhos ambientais.

De acordo com Viana et al., (2011), a implantação da macaúba no sistema agrossilvipastoril, pode ser uma alternativa sustentável para a agricultura familiar, diversificando a renda da propriedade, trazendo ganhos econômicos, ambientais e sociais advindos desta exploração.

Digitized by Google

4- MÉTODOS E MATERIAIS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de fontes secundárias, que trabalhados produziram informações novas sobre o babaçu e a macaúba.

O estudo é exploratório por utilizar da pesquisa bibliográfica e documental.

Descritivo por que se faz necessário descrever os objetos de estudos e seus contextos.

Explicativo por se ter a necessidade de relacionar fatos, dados, contextos e teoria para explicar a análise emergética utilizada e aplicada ao babaçu e a macaúba e tudo que os envolvem até a porta da usina de Biodiesel, inclusive seus usos alternativos e os possíveis aproveitamentos de seus resíduos.

4.1 Caracterização da Área de Estudo

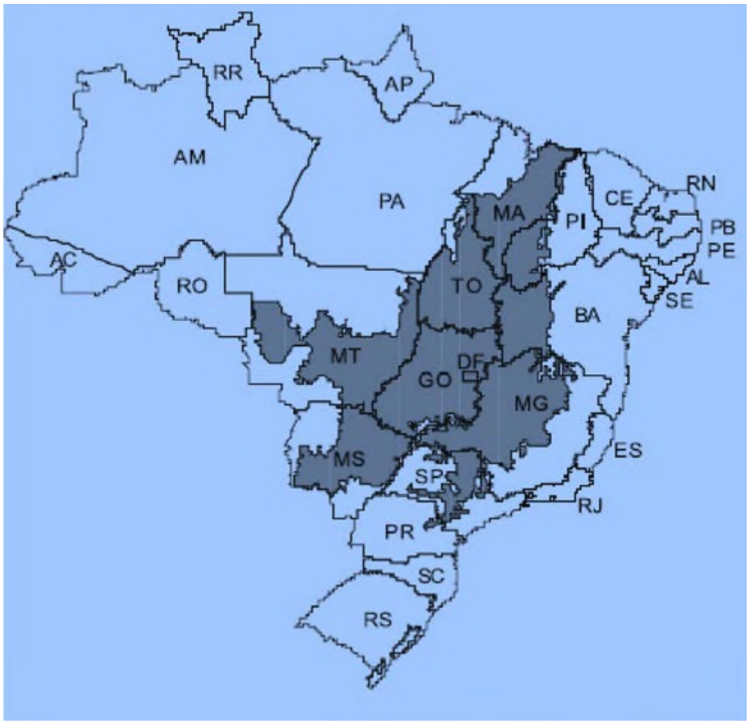
O babaçu e a macaúba são frutos característicos do Bioma Cerrado e, diante dos dados usados como:

- índice de pluviosidade;
- radiação solar;
- velocidade do vento e
- perda do solo.

Na avaliação emergética e dos índices emergéticos deste estudo, torna-se essencial e importante apresentar a localização do Cerrado como forma de internalizar os resultados dos sistemas avaliados. A figura 4.1 evidencia o Cerrado no Brasil.

Digitized by Google

Figura 4.1: Localização do Bioma Cerrado dentro do território brasileiro



Fonte: Sano *et al.*, 2007.

Como se observa na figura 4.1, o Cerrado situa-se na parte central do Brasil, de acordo com Sano et al., (2007), a cobertura vegetal original em percentual da área compreende: o Distrito Federal com 100% e dez estados; Goiás 97%, Tocantins 91%, Maranhão 64%, Mato Grosso do Sul 60%, Minas Gerais 57%, Mato Grosso 40%, Piauí 37%, São Paulo 33%, Bahia 27%, e Paraná 2%, marcando presença nas cinco regiões geográficas brasileiras. Os dados coletados para realização deste estudo levam em conta valores médios considerados para este Bioma, sendo assim, considera-se que os resultados obtidos podem ser interpretados e analisados para qualquer localização do território brasileiro, desde que tenha em sua cobertura o Bioma Cerrado.

De acordo com o IBGE (2004), o Bioma Cerrado é o segundo maior do Brasil, com área aproximada de 2.036.448 km2. Interpõe-se entre os biomas Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal e Caatinga. Os fatores determinantes de sua identificação savânica que caracteriza este

Digitized by Google

bioma são o clima, os solos e o fogo, mas tem outras variáveis ambientais que contribui para esta caracterização. Neste sentido MMA (2011), o Cerrado ocupa grande parte do Brasil Central, sendo a maior região de savana tropical da América do Sul. É o único bioma sul-americano que possui zonas de contatos biogeográficos tão distintos, o que lhe confere um aspecto ecológico singular, e com elevada biodiversidade. O clima predominante é o tropical quente subúmido, com duas estações definidas, uma seca e outra chuvosa. A precipitação anual varia entre 600 e 2.200 mm, sendo que o limite com o bioma Caatinga recebe os mais baixos volumes anuais de água, e o limite com o bioma Amazônia os mais altos índices de chuva (IBGE, 2004). De acordo com Reatto et al., (2008 apud MMA, 2011), as precipitações médias anuais do Cerrado são de 1.200 mm a 1.800 mm variando entre 600 a 800 mm no limite com o Bioma Caatinga e de 2.000 mm a 2.200 mm no limite com o Bioma Amazônia.

Conhecida como Planalto Central do Brasil, em relação ao resto do País, a região possui altitude elevada, o que lhe confere condição de divisora de bacias hidrográficas, com presença de várias nascentes e corpos d'água. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos reconhece 12 regiões hidrográficas brasileiras, destas, seis tem nascentes no Bioma Cerrado, sendo: região hidrográfica do Amazonas, do Tocantins/Araguaia, do São Francisco, do Parnaíba, do Paraná e do Paraguai (MMA, 2011). Segundo Ab'Sáber (2003), o Cerrado possui drenagens perenes para os caminhos d'água principais e secundários, que envolve, porém, o desaparecimento efêmero dos cursos d'água menores em grandeza, por ocasião da estação seca. As temperaturas oscilam na média anual entre 270 e 220C. Nas áreas de maior altitude ou sujeitas a frentes frias intensas ocorre a segunda faixa de temperatura (IBGE, 2004). Em conformidade com MMA (2011), a estação seca inicia no mês de maio, terminando no mês de setembro, e a estação chuvosa vai de outubro a abril. As temperaturas ficam em torno de 22 a 230C. Segundo Ab'Sáber (2003), a umidade do ar atinge níveis baixos na estação seca, de 38 a 40%, e níveis muito altos na estação chuvosa, de 95 a 97%.

A geologia do Bioma Cerrado é uma das mais diversificadas e

Digitized by Google

complexas do Brasil. O relevo em seus níveis altimétricos diferentes exibe uma quantia grande de feições morfológicas, constituindo-se em planaltos, depressões e planícies, com predominância dos planaltos, de topos planos, formando extensas chapadas. A variação da amplitude altimétrica vai de 50 m no litoral até os 2.000 m. As classes de solo variam em mais de uma dezena, na sua maioria são distróficos, ácidos e com altos teores de alumínio (IBGE, 2004). Segundo Reatto et al., (2008 apud MMA, 2011), em sua maioria os solos são profundos, conhecidos como Latossolos, que representa em torno de 48% da área do Cerrado, e apresenta coloração que varia do vermelho ao amarelo, devido a presença de ferro. Sendo bem drenados, ácidos e pobres em nutrientes como potássio, cálcio e magnésio, ocorrendo também solos pedregosos e rasos com 7,5%, os arenosos com 15% da área total, percebendo também os orgânicos e outros em menor quantidade. A vegetação predominante é constituída pela Savana. A Savana Floresta ou Cerradão compõe-se por árvores com dossel de 8 a 10 m de altura, ocorrendo principalmente em Latossolos e em relevo plano. As formações com fisionomia campestre da Savana são compostas por vegetação de estrato arbóreo sem dossel contínuo, e recobrem três quartos da superfície. É dotada de espécies adaptadas à seca e ao fogo, com 3 a 10 m de altura. A Savana Parque é formada por um estrato herbáceo graminoso. Ainda se tem a Formação Gramíneo-Lenhosa, que se compõe de ervas e arbustos (IBGE, 2004). De acordo com Sano et al., (2007), no Bioma Cerrado, dos 123,7 milhões de hectares de vegetação encontrados, 61% são de formação savânica, 32% de floresta e 7% de vegetação campestre. Segundo Vieira (1963, p. 390), "o desenvolvimento da vegetação dos cerrados, em geral, não é limitado por escassez de água".

A exploração do Cerrado teve início no século XVI, na deslocação dos colonizadores portugueses para o interior do país a procura de ouro e pedras preciosas e, para capturar e escravizar índios. Após a Guerra do Paraguai, as autoridades brasileiras deram início ao incentivo a ocupação do Bioma. Na década de 1940, com Getúlio Vargas, o Governo brasileiro promoveu a colonização da área central do Cerrado. Posteriormente, na década de 1960, com a construção de Brasília e a abertura de rodovias

Digitized by Google

ligando a capital com as principais cidades brasileiras, abriu caminho para a ocupação mais intensa do Cerrado (KLINK e MOREIRA, 2002). A ocupação deste Bioma foi rápida e intensificada nos anos de 1970, a agricultura mecanizada foi a responsável pela destruição das áreas naturais do Cerrado (MMA, 2009). Segundo o IBGE (2004), atualmente é o polo de expansão da produção agropecuária do Brasil. As atividades agropecuárias eliminam uma expressiva porção da cobertura vegetal nativa e, fragmenta a maioria de seus habitats naturais, ocasionando perda da biodiversidade, erosão dos solos e assoreamento dos mananciais.

Usar espécies nativas é uma alternativa importante para gerar renda e preservar áreas naturais, mas, transformar conhecimento em tecnologia, produtos e serviços é um dos maiores desafios, como por exemplo, o aproveitamento alimentar das frutas nativas, das partes das plantas secas para artesanato, utilização da flora na medicina, produzir mudas para recuperar áreas nativas e a criação e manejo da fauna silvestre (MMA, 2009).

4.2 Procedimentos de Avaliação de Emergia do Coco do Babaçu e da Macaúba

4.2.1 Análise emergética e seus diagramas

Na análise emergética exploratória e explanatória, elabora-se os diagramas emergéticos da extração e exploração do coco babaçu e do coco macaúba, onde se aborda os possíveis produtos obtidos dos frutos, das folhas e do tronco destas palmeiras e sua relação com o ambiente e a sociedade. Constroem-se os diagramas representando os fluxos que mostram as transformações relacionadas a cada produto, suas perdas e sua retroalimentação do sistema.

Para análise emergética da produção extrativista do coco babaçu e do coco macaúba, no bioma Cerrado, idealizou-se um sistema com uma escala representativa pequena e universal, uma área de um hectare, (10.000 m^2). Os dados utilizados nesta dissertação foram obtidos

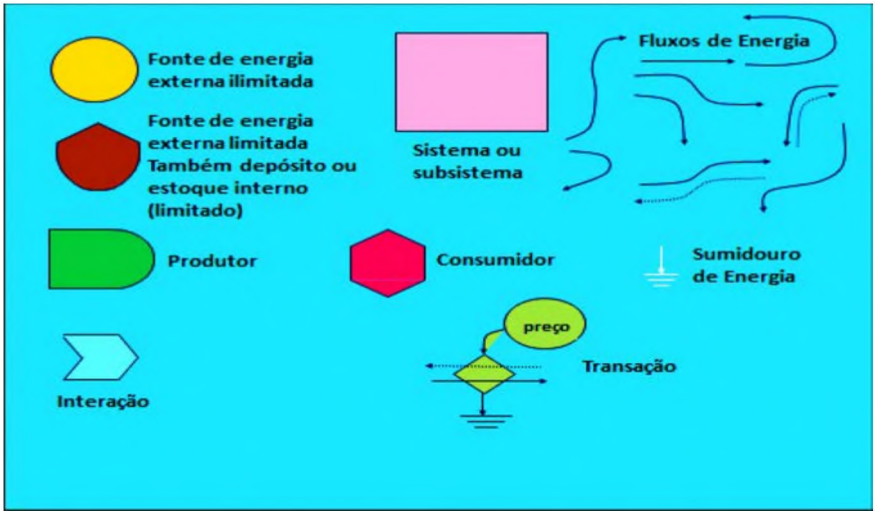
Digitized by Google

a partir de pesquisa na literatura científica, como artigos, dissertações, teses e livros e, de pesquisas feitas pela internet via e-mail, (Apêndice 6) cujas fontes são citadas juntamente com os dados na tabela 4.2e 4.3.

Para aplicar a análise emergética e obter os índices de: emergia total (Y), transformidade (Tr), taxa de rendimento emergética (EYR), renovabilidade (%R), taxa de investimento emergético (EIR), carga ambiental (ELR), índice de sustentabilidade emergética (ESI) e taxa de intercâmbio emergética (EER), é necessário, primeiro construir o diagrama sistêmico para examinar e preparar todos os componentes. A figura 4.2 mostra os símbolos utilizados para construir os diagramas emergéticos deste trabalho.

A partir dos relacionamentos existentes no sistema, foram construídas as tabelas emergéticas, com os fluxos quantitativos, com base direta nos diagramas identifica-se a entrada dos fluxos e cada um deste se converte em uma linha de cálculo, sendo que os fluxos naturais de energia considerados para se obter o coco babaçu e o coco macaúba são: o sol, a chuva, o vento e o solo. Os fluxos da economia são: os materiais, neste caso o consumo de diesel e a mão de obra para a coleta dos frutos, o estudo compreende esses fluxos a partir de sua entrada no sistema até a disponibilidade dos frutos na porta da usina de beneficiamento da matéria-prima.

Figura 4.2. Símbolos utilizados nos diagramas deste trabalho



Fonte: adaptado de Ortega e Ribeira, 2005.

Digitized by Google

4.2.2 Representação matemática

O cálculo matemático da emergia, para o babaçu e macaúba, foi realizado utilizando a tabela 4.1, como modelo "padrão" de avaliação emergética[1].

Tabela 4.1: Esquema da organização da tabela para o cálculo dos fluxos de emergia para babaçu e macaúba

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	**Contribuições**	**Fração renovável**	**Fluxo de energia (unid./ha/ano)**	**Unid.**	**Transformidades (sej/unid.)**	**Referência para (sej/unid.)**	**Emergia renovável (sej/ha/ano)**	**Emergia não renovável (sej/ha/ano)**	**Emergia total do fluxo (sej/ha/ano)**	**%**
3	Sol		Equação (4.1)				Equação (4.2)	Equação (4.3)	Equação (4.4)	
4	Chuva		Equação (4.5)				Equação (4.6)	Equação (4.7)	Equação (4.8)	
5	Vento		Equação (4.9)				Equação (4.10)	Equação (4.11)	Equação (4.12)	
6	Total renováveis								Equação (4.13)	Equação (4.14)
7	Perda de solo		Equação (4.15)				Equação (4.16)	Equação (4.17)	Equação (4.18)	
8	Total não renováveis									Equação (4.19)
9	Diesel		Equação (4.20) Equação (4.21)				Equação (4.22)	Equação (4.23)	Equação (4.24)	
10	Total materiais									Equação (4.25)
11	Mão de obra simples		Equação (4.26)				Equação (4.27)	Equação (4.28)	Equação (4.29)	
12	Total serviços									Equação (4.30)
13	Emergia total									Equação (4.31)

Fonte: Adaptado de Ortega (2002, apud ORTEGA et al., 2010)

A tabela 4.1 é composta de 13 linhas e 11 colunas, sendo necessário, primeiramente elaborar as tabelas 4.2 e 4.3, que mostram os dados genéricos e específicos para o babaçu e macaúba. Em seguida, elaboraram-se as equações que estão descritas no decorrer do texto, para cálculos das colunas 4, 8, 9,10 e 11 da tabela 4.3.

1. Esta tabela segue Ortega et al. (2010, p. 170)

Digitized by Google

Tabela 4.2: Dados genéricos utilizados para efetuar a avaliação emergética do sistema de produção extrativista do babaçu e da macaúba

Dados utilizados para babaçu e macaúba	**Referência**
Fração renovável do sol = 1 (100%) **(frs)** e **fnrs** = zero	Agostinho, 2005
Radiação solar = 5,00 kWh./m^2/ano **(em)**	Agostinho, 2009
Albedo = 20 % (perda) 100% - 20% = 0,80) **(fp)**	Estimativa
10.000 m^2 = 1 ha. **(ha)**	Cavalett, 2004
1 kwh = 3.600.000 J **(Jh)**	Goldemberg, 2010
Transformidade do sol = 1 sej/unid. **(Trs)**	Odum; Brown; Brandt-Williams, 2000
Fração renovável da chuva = 1 (100%) **(frc)**	Ortega et al., 2010
Pluviosidade = 1,40m^3/m^2/ano **(qc)**	IBGE, 2004
Energia da água = 5.000 J/kg **(eágua)**	Cavalett, 2004
Densidade da água = 1.000 kg/m^3 **(dágua)**	Cavalett, 2008
Densidade do ar = 1,3 kg/m^3 **(dar)**	Cavalett, 2004)
Transformidade da chuva = 3,10x10^4 sej/unid. **(Trc)**	Odum; Brown; Brandt-Williams, 2000
Fração renovável do vento = 1 (100%) **(frv)**	Ortega et al., 2010
Média anual de velocidade do vento = 4,70 m/s	Agostinho, 2009
Vento geotrópico = (60% da média anual de velocidade) = 2,82 m/s **(vg^3)**	Agostinho, 2009
Coeficiente de arrasto do vento = 0,001 adimensional **(cav)**	Rodriguez et al., (2002 apud CAVALETT, 2004)
Segundos por ano = 31.536.000 **(sa)**	
Transformidade do vento = 2,45x10^3 sej/unid. **(Trv)**	Odum; Brown; Brandt-Williams, 2000
Fração renovável do solo = zero (0%) **(fro)**	Ortega et al., 2010
Perda de solo = 1.110 (kg solo)/ha/ano **(ps)**	Agostinho, 2009
Matéria orgânica = 0,04 (kg m.o.) por (kg solo) = (4%) **(mos)**	Ortega, 2002
Energia da m.o.= 5400 kcal/(kg m.o.) **(emo)**	Ortega, 2002
Conteúdo de energia = uma caloria = 4,186 J. e 1 kcal = 4.186 J. **(Jk)**	Goldemberg, 2010
Transformidade do solo = 1,24x10^5 sej/unid. **(Tro)**	Brandt-Williams, (2002 apud AGOSTINHO, 2009)
Fração renovável do diesel = 0,05 (5%) **(frd)**	Cavalett, 2004
Adotando uma distância média de 100 km por viagem, (ida e volta) considerando um raio de 100 km para área de coleta. **(kv)**	Estimado para este estudo.
Caminhão para coleta dos frutos VW 13-180. Capacidade de carga em média de 8.345 kg. **(cc)** Consumo de combustível, média de 4 km por litro. **(kl)**	Vasconcelos, 2013.
Densidade do diesel 0,8186kg/L **(kL)**	Silva et al., 2004
Poder calorífico inferior do diesel 42.500 kJ/kg **(kJk)**	Silva et al., 2004
Transformidade do diesel = 1,11x10^5 sej/unid. **(Trd)**	Odum (1996 apud CAVALETT, 2008).
Fração renovável da mão de obra = 0,9 (90%) **(frm)**	Ortega et al., 2010
Total metabolismo energia por dia adulto = 2.500 kcal **(ka)**	Ortega et al., 2010
Transformidade da mão de obra = 1,85x10^7 sej/unid. **(Trm)**	Ortega et al., 2010

Fonte: elaboração pelo autor.

As tabelas 4.2 e 4.3 mostram os dados genéricos e específicos dos objetos de estudo, utilizados na aplicação das equações 4.1 a 4.31, para os cálculos da avaliação emergética do sistema de produção extrativista do coco babaçu e do coco macaúba. Os dados foram coletados de fontes secundárias, como se observa nas tabelas 4.2 e 4.3, seguindo o modelo

Digitized by Google

da metodologia da análise emergética.

Tabela 4.3: Dados específicos utilizados para efetuar a avaliação emergética do sistema de produção extrativista do babaçu e da macaúba

Dados utilizados especificamente para o babaçu	**Referência**
Produção de babaçu em média 17.600 kg/ha/ano. **(p)**	Wisniewski e Melo, 1981
Um adulto pode coletar e transportar, aos pontos próximos de estocagem para venda, até 375 kg de coco por dia. **(kc)**	EMBRAPA, 1984
Dados utilizados especificamente para a macaúba	**Referência**
Produção de macaúba por hectare ano, média de 25.000 kg/ha/ano. **(p)**	Silva, 2007
Um adulto pode coletar e transportar aos pontos próximos de estocagem para venda, até 200 kg de coco por dia. **(kc)**	UBCM, 2013

Fonte: elaboração pelo autor.

Seguindo a preparação dos dados para o preenchimento da tabela 4.1, as equações a seguir de 4.1 a 4.31 são para os cálculos de preenchimento da avaliação emergética do babaçu e da macaúba. A memória dos cálculos para este estudo, encontram-se no Apêndice 3, desta dissertação, para o babaçu e no Apêndice 4 para a macaúba. Os valores encontrados nessas tabelas são: na coluna 4 fluxo de energia, coluna 8, emergia renovável; coluna 9 emergia não renovável, coluna 10 emergia total do fluxo e na coluna 11 o percentual de emergia em relação a emergia total. Foram utilizados os dados e informações nas equações 4.32 a 4.39, para se calcular os índices emergéticos do sistema.

Para calcular os valores referentes à linha 3 da tabela 4.1, são apresentadas as equações a seguir:

$$Fens = em\ x\ fp\ x\ ha\ x\ Jh \qquad (4.1)$$

Onde:

Fens é o fluxo de energia do sol em J/ha/ano.

em é a energia emitida pelo sol por metro quadrado por ano (kWh/m^2/ano).

fp é a fração de energia perdida conhecida como albedo (1-albedo).

ha é a área considerada para o estudo de um hectare.

Jh é a quantidade de joules por quilowatt-hora.

Digitized by Google

$$R_s = Fens\ x\ Trs\ x\ frs \quad (4.2)$$

Onde:

R_s é a emergia renovável do sol em sej/ha/ano.

Fens é o fluxo de energia do sol em J/ha/ano.

Trs é a transformidade do sol, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

frs é a fração renovável do sol, o sol é considerado recurso 100% renovável.

$$N_s = Fens\ x\ Trs\ x\ fnrs \quad (4.3)$$

Onde:

Ns é a emergia não renovável do sol, neste caso (N_S = zero), pois a frs é 1 (100%).

frns é a fração não renovável do sol.

$$R_1 = R_s + N_s \quad (4.4)$$

Onde:

R_1 é a emergia total do fluxo do sol em sej/ha/ano.

R_s é a emergia renovável do sol em sej/ha/ano.

Ns é a emergia não renovável do sol.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

Para calcular os valores referentes a linha 4 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$Fenc = qc\ x\ eágua\ x\ dágua\ x\ ha \quad (4.5)$$

Onde:

Fenc é o fluxo de energia da chuva em J/ha/ano.

qc é a quantidade de chuva por metro quadrado por ano (m^3/m^2/ano).

eágua é a energia da água por kg, (J/kg).

dágua é a densidade da água (kg/m^3).

ha é a área considerada para o estudo, um hectare.

Digitized by Google

$$R_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ frc \qquad (4.6)$$

Onde:
Rc é a emergia renovável da chuva em sej/ha/ano.
Fenc é o fluxo de energia da chuva.
Trc é a transformidade da chuva, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.
frc é a fração renovável da chuva, a chuva é considerada um recurso 100% renovável.

$$N_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ fnrc \qquad (4.7)$$

Onde:
Nc é a emergia não renovável da chuva, neste caso (N = zero), pois a frc é 1 (100%).
Fenc é o fluxo de energia da chuva.
Trc é a transformidade da chuva, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.
fnrc é a fração não renovável da chuva.

$$R_2 = R_c + N_c \qquad (4.8)$$

Onde:
R_2 é a emergia total do fluxo da chuva em sej/ha/ano.
Rc é a emergia renovável da chuva em sej/ha/ano.
Nc é a emergia não renovável da chuva.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

Para calcular os valores referentes a linha 5 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$Fenv = dar\ x\ vg^3\ x\ cav\ x\ ha\ x\ sa \qquad (4.9)$$

Onde:
Fenv é o fluxo de energia do vento em J/ha/ano.
dar é a densidade do ar (kg/m^3).
vg vento geotrópico (m/s)^3.
cav é o coeficiente de arrasto do vento.
ha é a área considerada para o estudo de um hectare.
sa são os segundos por ano (s/ano).

Digitized by Google

$$R_v = Fenv\ x\ Trv\ x\ frv \quad (4.10)$$

Onde:

R_v é a emergia renovável do vento em sej/ha/ano.

Fenv é o fluxo de energia do vento em J/ha/ano.

Trv é a transformidades do vento, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

frv é a fração renovável do vento, o vento é considerado recurso 100% renovável.

$$N_V = Fenv\ x\ Trv\ x\ fnrv \quad (4.11)$$

Onde:

N_V é a Emergia não renovável do vento, neste caso (Nv = zero), pois a frv é 1 (100%).

Fenv é o fluxo de energia do vento em J/ha/ano.

Trv é a transformidades do vento, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

fnrv é a fração não renovável do vento.

$$R_3 = R_v + N_V \quad (4.12)$$

Onde:

R_3 é a Emergia total do fluxo do vento em sej/ha/ano.

R_v é a emergia renovável do vento em sej/ha/ano.

N_V é a emergia não renovável do vento.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

Para calcular os valores referentes a linha 6 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (4.13)$$

Onde:

R é a emergia renovável.

R_1 é a emergia renovável do sol.

R_2 é a emergia renovável da chuva.

R_3 é a emergia renovável do vento.

Digitized by Google

Os dados utilizados na aplicação nessa equação foram retirados dos próprios resultados produzidos pela tabela de avaliação emergética com a sequência dos cálculos.

A equação a seguir permite o cálculo do percentual da emergia renovável em relação a emergia total, linha 6 da tabela 4.1.

$$\%r = \frac{R\ x\ c}{Y} \qquad (4.14)$$

Onde:

%r é o percentual de emergia renováveis em relação a emergia total.

R é a emergia total renováveis (sej/ha/ano).

c é a constante de conversão.

Y é a emergia total.

Para calcular os valores referentes a linha 7 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$Feno = ps\ x\ mos\ x\ emo\ x\ JkFeno = ps\ x\ mos\ x\ emo\ x\ Jk \quad (4.15)$$

Onde:

Feno é o fluxo de energia do solo em J/ha/ano.

ps é a perda de solo em quilos por ha ano (kg solo/ha/ano).

mos é o percentual de matéria orgânica no solo (kg m.o./kg solo.

emo é a energia da matéria orgânica (kcal/kg m.o.).

Jk é a quantidade de joules por quilocaloria (J/kcal).

$$R_o = Feno\ x\ Tro\ x\ fro \qquad (4.16)$$

Onde:

R_o é a emergia renovável do solo em sej/ha/ano.

Feno é o fluxo de energia do solo em J/ha/ano.

Tro é a Transformidades do solo, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

fro é a fração renovável do solo, o solo é considerado um recurso com 0% de renovabilidade.

Digitized by Google

$$N_o = Feno\ x\ Tro\ x\ fnro \quad (4.17)$$

Onde:

N_o é a emergia não renovável do solo em sej/ha/ano, neste caso (N_o = 100%), pois a fro é zero (0%).

Feno é o fluxo de energia do solo em J/ha/ano.

Tro é a Transformidades do solo, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

fnro é a fração não renovável do solo.

$$N = R_o + N_o \qquad (4.18)$$

Onde:

N é a emergia total do fluxo em sej/ha/ano.

R_o é a emergia renovável do solo em sej/ha/ano.

N_o é a emergia não renovável do solo em sej/ha/ano.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

A equação a seguir permite o cálculo do percentual da emergia não renovável em relação a emergia total, linha 8 da tabela 4.1.

$$\%nr = \frac{N\ x\ c}{Y} \qquad (4.19)$$

Onde:

%nr é o percentual de emergia não renovável em relação a emergia total.

N é a emergia total não renovável (sej/ha/ano).

c é a constante de conversão.

Y é a emergia total.

Para calcular os valores referentes a linha 9 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$Cd = \left(\frac{p}{cc}\right) x \left(\frac{kv}{kl}\right) \qquad (4.20)$$

Onde:

Digitized by Google

Cd é o consumo de diesel por ha por ano para transporte do coco.

p é a produção por ha ano de coco.

cc é a capacidade de carga do caminhão.

kv são os quilômetros rodados por viagem.

kl é a quantidade de quilômetros rodados por litro de diesel.

$$Fend = kL\ x\ Cd\ x\ kJk\ x\ c \qquad (4.21)$$

Onde:

Fend é o fluxo de energia do diesel em J/ha/ano.

kL é a densidade do diesel (kg/L).

Cd é o consumo de diesel por ha ano para transporte do coco em litros.

kJk é o poder calorífico inferior do diesel (kJ/kg).

c é a constante de conversão.

$$M_R = Fend\ x\ Trd\ x\ frd \qquad (4.22)$$

Onde:

M_R é a emergia renovável do diesel em sej/ha/ano.

Fend é o fluxo de energia do diesel em J/ha/ano.

Trd é a transformidade do diesel, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

frd é a fração renovável do diesel, que é considerado um recurso com 5% de renovabilidade.

$$M_N = Fend\ x\ Trd\ x\ fnrd \qquad (4.23)$$

Onde:

M_N é a emergia não renovável do diesel em sej/ha/ano, neste caso (M_N = 95%), pois a frd é 0,05 (5%).

Fend é o fluxo de energia do diesel em J/ha/ano.

Trd é a transformidade do diesel, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

fnrd é a fração não renovável do diesel.

Digitized by Google

$$M = M_R + M_N \qquad (4.24)$$

Onde:

M é a emergia total do fluxo em sej/ha/ano.

$\mathbf{M_R}$ é a emergia renovável do diesel em sej/ha/ano.

$\mathbf{M_N}$ é a emergia não renovável do diesel em sej/ha/ano.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

A equação a seguir permite o cálculo do percentual da emergia total dos materiais em relação a emergia total, linha 10 da tabela 4.1.

$$\%tm = \frac{M\ x\ c}{Y} \qquad (4.25)$$

Onde:

%tm é o percentual de emergia do total de materiais em relação a emergia total.

M é a emergia total dos materiais (sej/ha/ano).

c é a constante de conversão.

Y é a emergia total.

Para calcular os valores referentes a linha 11 da tabela 4.1 são apresentadas as equações a seguir:

$$Fenm = \left(\frac{p}{kc}\right) x\ ka\ x\ Jk \qquad (4.26)$$

Onde:

Fenm é o fluxo de energia da mão de obra em J/ha/ano.

p é a produção de frutos ($kg.ha^{-1}.ano^{-1}$).

kc é a quantidade em quilogramas de frutos coletados por dia por adulto.

ka é quantidade de quilocalorias consumidas por adulto por dia.

Jk é a quantidade de joules por quilocalorias ($J.kcal^{-1}$).

$$S_R = Fenm\ x\ Trm\ x\ frm \qquad (4.27)$$

Onde:

Digitized by Google

S_R é a emergia renovável da mão de obra em sej/ha/ano.

Fenm é o fluxo de energia da mão de obra em J/ha/ano.

Trm é a transformidades da mão de obra, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

frm é a fração renovável mão de obra, a mão de obra é considerada um recurso 90% renovável.

$$S_N = Fenm\ x\ Trm\ x\ fnrm \qquad (4.28)$$

Onde:

S_N é a emergia não renovável da mão de obra em sej/ha/ano, neste caso (S_N = 10%), pois a frm é 0,90 (90%).

Fenm é o fluxo de energia da mão de obra em J/ha/ano.

Trm é a transformidades da mão de obra, é a emergia por unidade, neste caso sej/J.

Fnrm é a fração não renovável da mão de obra.

$$S = S_R + S_N \qquad (4.29)$$

Onde:

S é a emergia total do fluxo mão de obra em sej/ha/ano.

S_R é a emergia renovável da mão de obra em sej/ha/ano.

S_N é a emergia não renovável da mão de obra em sej/ha/ano.

Sendo que os dados utilizados na aplicação destas equações foram retirados da tabela 4.2 e 4.3 e, dos próprios resultados produzidos pela sequência da execução dos cálculos das equações na avaliação emergética.

A equação a seguir permite o cálculo do percentual da emergia total dos serviços em relação a emergia total, linha 10 da tabela 4.1.

$$\%ts = \frac{S\ x\ c}{Y} \qquad (4.30)$$

Onde:

%ts é o percentual de emergia do total de serviços em relação a emergia total.

S é a emergia total dos serviços (sej/ha/ano).

c é a constante de conversão.

Y é a emergia total.

Para calcular o valor referente a emergia total na linha 13 da tabela 4.1 é apresentada a equação a seguir:

Digitized by Google

$$Y = R + N + M + S \qquad (4.31)$$

Onde (**Y**) é a emergia total, (**R**) é a emergia renovável, (**N**) é a emergia não renovável, (**M**) é a emergia dos materiais e (**S**) é a emergia dos serviços.

Concluindo, calculou-se os índices emergéticos utilizando-se das equações 4.32 a 4.39. Estes índices possibilitarão avaliar a situação econômica e ambiental do sistema.

4.3 Modificações Utilizadas na Metodologia Emergética

Para o presente estudo, utilizou-se o método de análise emergética desenvolvido por Odum e, modificado por Ortega (2002 apud ORTEGA et al., 2010). Para os cálculos emergéticos das tabelas de avaliação emergética, os materiais e os serviços, foram considerados o item "renovabilidades parciais destes recursos". A Tabela 4.4 mostra com mais detalhes a classificação dos fluxos de emergia que tornou possível considerar as "renovabilidades parciais dos materiais e serviços".

Tabela 4.4: Classificação dos fluxos de emergia

Entrada	**Descrição**
I: Contribuições da Natureza	I = R + N
R: $R_1+R_2+R_3$ Recursos naturais renováveis N: Recursos naturais não renováveis	Chuva; Materiais e Serviços de áreas de preservação; Nutrientes do solo e do ar. Solo; Biodiversidade; Exclusão de pessoas.
F: Recursos da Economia	F = M + S
M: Materiais	$M = M_R + M_N$
M_R: Materiais e energia renováveis M_N: Materiais e energia não renováveis	Materiais renováveis de origem natural Minerais; Químicos; Aço, Combustível, etc...
S: Serviços	$S = S_R + S_N$
S_R: Serviços renováveis S_N: Serviços não renováveis	Trabalho local Taxas; Custo do dinheiro; Seguros.
Y: Emergia Total	Y = I + F

Fonte: Cavalett 2004

Como se observa, a tabela 4.4 classifica e descreve os fluxos de energia de entrada e os fraciona em parte renovável e não renovável

Digitized by Google

isto possibilita melhor análise das renovabilidades e, consequentemente melhores conclusões sobre o sistema em estudo.

A equação a seguir permite o cálculo da energia do produto, dado necessário para calcular a transformidade do produto.

$$p = kjkf \ x \ p \ x \ c \qquad (4.32)$$

Onde:

ep é a energia do produto.

Y é a emergia total.

kJkf é a quantidade de quilocaloria por quilograma do fruto..

p é a produção de coco por hectare em kg.

c é a constante de conversão.

As equações 4.33 a 4.36 tratam dos índices emergéticos criados por Odum e modificados por Ortega. Inicia-se com o índice de renovabilidade emergética.

$$\%R = c \ x \ \left(\frac{R+M_R+S_R}{Y}\right) \qquad (4.33)$$

Onde:

%R é o percentual de renovabilidade.

c é a constante.

R são os recursos naturais renováveis.

$\mathbf{M_R}$ são os materiais renováveis.

$\mathbf{S_R}$ são os serviços renováveis.

Y é a emergia total.

A equação a seguir trata do índice de rendimento emergético.

$$EYR = \frac{Y}{M_N+S_N} \qquad (4.34)$$

Onde:

EYR é o índice de rendimento emergético.

Y é a emergia total.

$\mathbf{M_N}$ são os materiais não renováveis.

$\mathbf{S_N}$ são os serviços não renováveis.

A equação a seguir aborda o índice de investimento emergético.

Digitized by Google

$$EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N} \qquad (4.35)$$

Onde:

EIR é o índice de investimento emergético.

$\mathbf{M_N}$ são os materiais não renováveis.

$\mathbf{S_N}$ são os serviços não renováveis.

R são os recursos naturais renováveis.

$\mathbf{M_R}$ são os materiais renováveis.

$\mathbf{S_R}$ são os serviços renováveis.

N são os recursos naturais não renováveis.

A equação a seguir trata do índice de carga ambiental.

$$ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R} \qquad (4.36)$$

Onde:

ELR é o índice de carga ambiental.

N são os recursos naturais não renováveis.

$\mathbf{M_N}$ são os materiais não renováveis.

$\mathbf{S_N}$ são os serviços não renováveis.

R são os recursos naturais renováveis.

$\mathbf{M_R}$ são os materiais renováveis.

$\mathbf{S_R}$ são os serviços renováveis.

N são os recursos naturais não renováveis.

As equações 4.37 a 4.39 tratam dos índices emergéticos criados por Odum e não modificados por Ortega. Inicia-se com a transformidade.

$$Tr = \frac{Y}{ep} \qquad (4.37)$$

Onde:

Tr é a transformidade.

Y é a emergia total.

ep é a energia do produto.

A equação a seguir trata do índice da taxa de intercâmbio.

Digitized by Google

$$EER = \frac{Y}{p\ x\ US\$\ x\ seJ.US\$} \qquad (4.38)$$

Onde:

EER é a taxa de intercâmbio.

Y é a emergia total.

p é a produção de frutos em kg por hectare.

US$ é o valor em dólar por kg de coco.

**seJ.US$**$^{-1}$ que são os Joules de emergia solar por dólar.

A equação a seguir trata do índice de sustentabilidade.

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} \qquad (4.39)$$

Onde:

ESI é o índice de sustentabilidade.

EYR é o índice de rendimento emergético.

ELR é o índice de carga ambiental.

A aplicação destas equações requer os dados produzidos pela tabela modelo (Tabela 4.1). Assim, os resultados produzidos por estas equações são os índices emergéticos do sistema em estudo. Observa-se que existem índices emergéticos modificados e não modificados. As modificações levemente efetuadas nos índices emergéticos feitas por Ortega foram em direção de avaliar de forma mais adequada a sustentabilidade.

A memória da execução dos cálculos das equações 4.32 a 4.39, encontra-se no Apêndice 4 para babaçu e no Apêndice 5 para a macaúba.

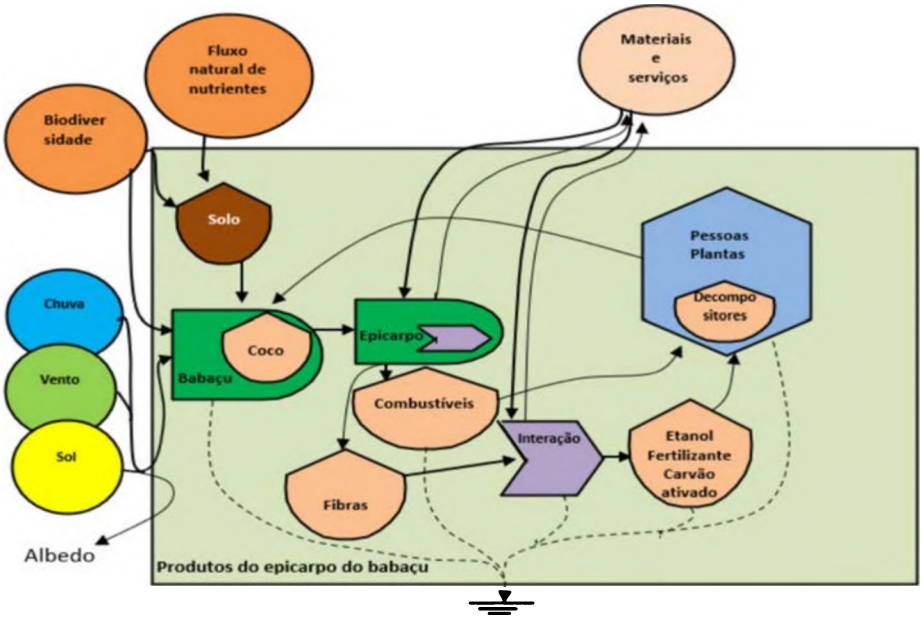
Digitized by Google

5– RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Babaçu: Análise Emergética Exploratória e Explanatória

A análise emergética exploratória e explanatória é necessária para elucidar o processo de exploração do babaçu e da macaúba, contemplando todas suas partes. Inicia-se com o diagrama construído para representar a exploração do fruto do babaçu no que se refere ao epicarpo, evidenciado na figura 5.1.

Figura 5.1: Análise emergética exploratória e explanatória do epicarpo do babaçu

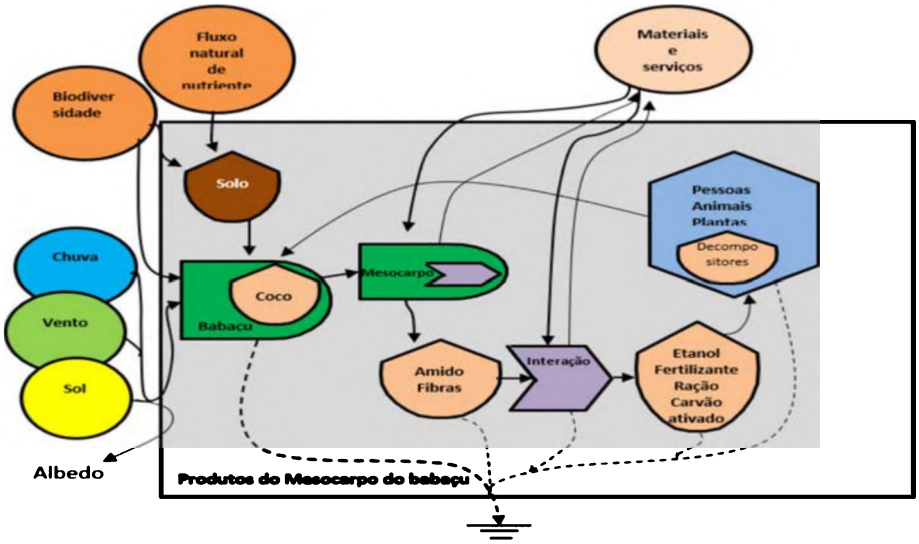


O epicarpo é parte integrante do coco babaçu, fruto da palmeira que com a interação dos materiais e serviços da economia se transforma em combustíveis, que são consumidos pelas atividades das pessoas. Do epicarpo, também com a interação dos materiais e serviços se obtém as fibras, que com nova interação dos materiais e serviços se obtém como

Digitized by Google

produtos finais o etanol, o fertilizante e o carvão ativado, que como produtos finais são consumidos pelas pessoas, plantas ou decompostos, consumidos e transformados pelos decompositores e, retornado em forma de resíduos para alimentar os produtores primários, a palmeira babaçu, dando reinício à cadeia produtiva. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. O diagrama da figura 5.2 trata dos produtos do mesocarpo.

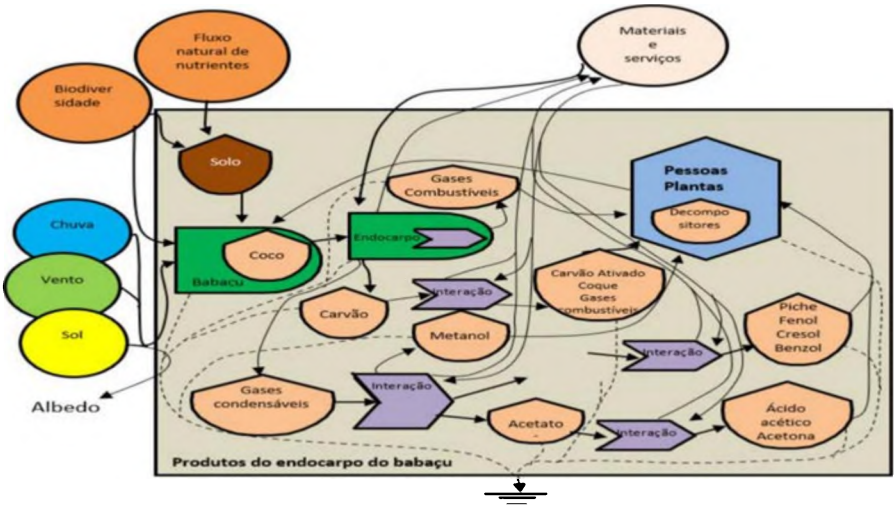
Figura 5.2: Análise emergética exploratória e explanatória do mesocarpo do babaçu



O mesocarpo, também é parte integrante do coco babaçu, que com a interação dos materiais e dos serviços da economia se extrai o amido e as fibras, produtos que com nova interação dos materiais e serviços se obtém o etanol, o fertilizante, a ração animal e o carvão ativado, que como produtos finais são consumidos pelas pessoas, plantas ou decompostos, consumidos e transformados pelos decompositores, retornando à base em forma de resíduos, dando reinício a cadeia produtiva, alimentando os produtores primários, a palmeira babaçu. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. O diagrama da figura 5.3 evidencia os produtos do endocarpo.

Digitized by Google

Figura 5.3: Análise emergética exploratória e explanatória do endocarpo do babaçu

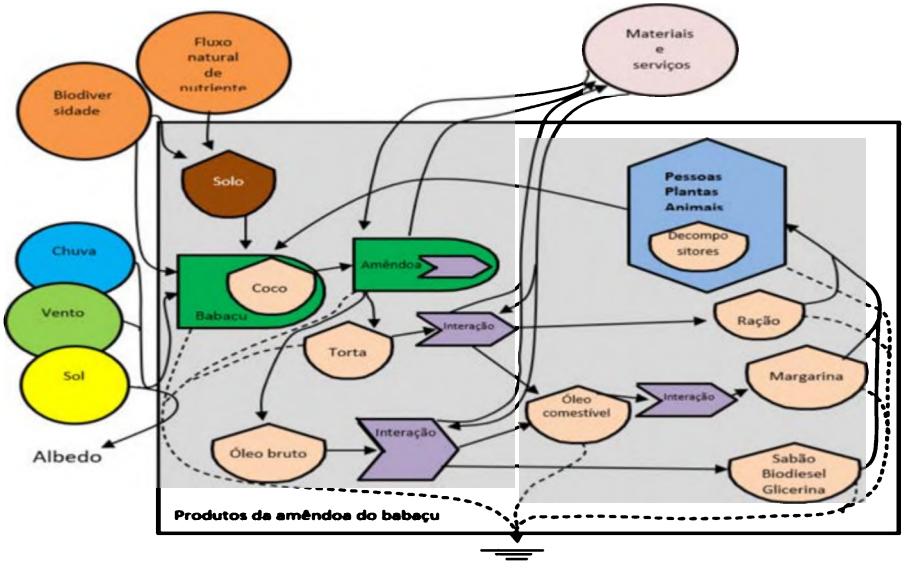


Sendo parte do coco babaçu, o endocarpo, ao sofrer interação dos materiais e serviços da economia se transforma em gases combustíveis no final do processo, que são consumidos pelas pessoas. Como resultado da primeira interação surge o carvão, que em segunda interação se obtém o carvão ativado, o coque e os gases combustíveis, sendo consumidos pelas pessoas, plantas, consumidos e transformados pelos decompositores, retornando a base da cadeia produtiva em forma de resíduos, retroalimentando os produtores primários, a palmeira babaçu, dando reinício ao processo produtivo do sistema. Ainda da primeira interação se tem os gases condensáveis, que na segunda interação surge dois produtos, o alcatrão e os acetatos, do alcatrão com nova interação dos materiais e serviços da economia se tem como produtos finais o piche, o fenol, o creosol e o benzol. Da interação dos acetatos se tem como produtos finais o ácido acético e a acetona, que são consumidos também, nas atividades das pessoas. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

O diagrama da figura 5.4 trata dos produtos obtidos da amêndoa do babaçu.

Digitized by Google

Figura 5.4: Análise emergética exploratória e explanatória da amêndoa do babaçu

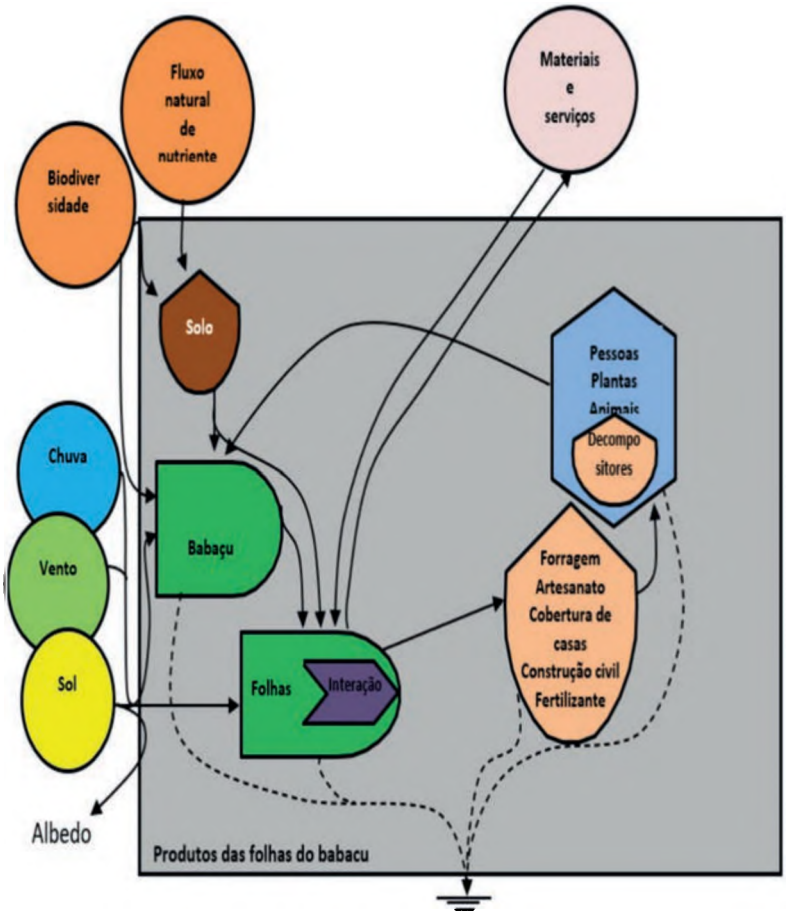


Da primeira interação da amêndoa com os materiais e serviços da economia, se obtém dois produtos, a torta e o óleo bruto, da torta com nova interação surge a ração para animais, que posteriormente são consumidos e transformados pelos decompositores e retornam na forma de resíduos para alimentar a cadeia na base dos produtores primários, a palmeira babaçu, no processo de retroalimentação. Da mesma forma e da mesma interação se tem o óleo comestível, que com nova interação se produz a margarina que é consumida pelas pessoas. Da primeira interação sobre a amêndoa surge o óleo bruto, que com nova interação se tem o óleo comestível como anteriormente descrito e, também surgem os produtos finais, o sabão, o biodiesel e a glicerina, que são consumidos pelas pessoas em suas atividades. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

No diagrama da figura 5.5 evidencia os produtos obtidos a partir das folhas do babaçu.

Digitized by Google

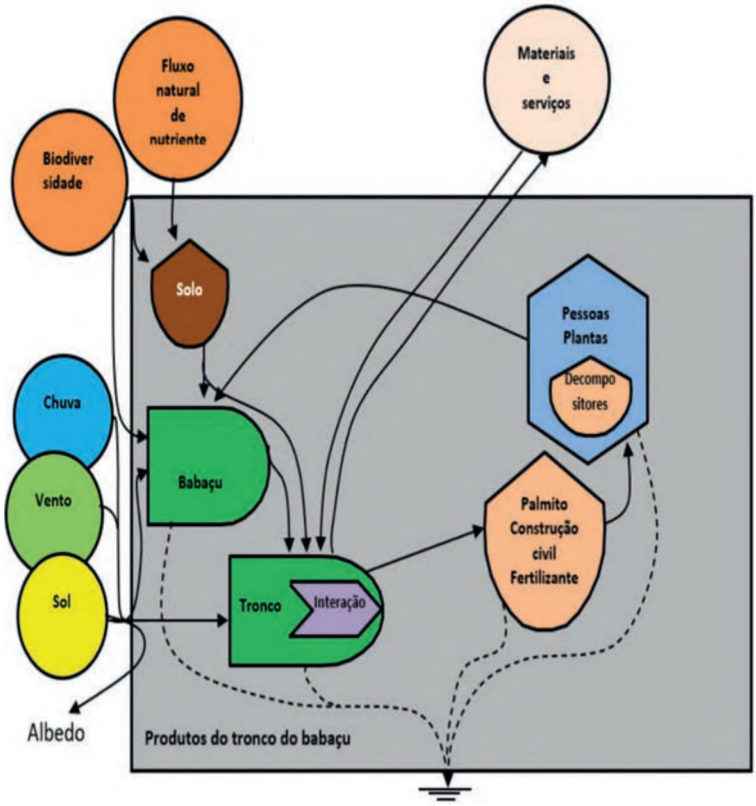
Figura 5.5: Análise emergética exploratória e explanatória das folhas do babaçu



Das folhas do babaçu com a interação dos materiais e serviços da economia, se obtém os produtos de uso final como a forragem, o artesanato, a cobertura das casas, na construção civil e o fertilizante, que, ou são consumidos pelas atividades das pessoas ou pelos animais, ou ainda consumidos e transformados pelos decompositores em resíduos, que retornam para a base, retroalimentando a cadeia produtiva, a palmeira babaçu. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. No diagrama da figura 5.6 são evidenciados os produtos do tronco do babaçu.

Digitized by Google

Figura 5.6: Análise emergética exploratória e explanatória do tronco do babaçu



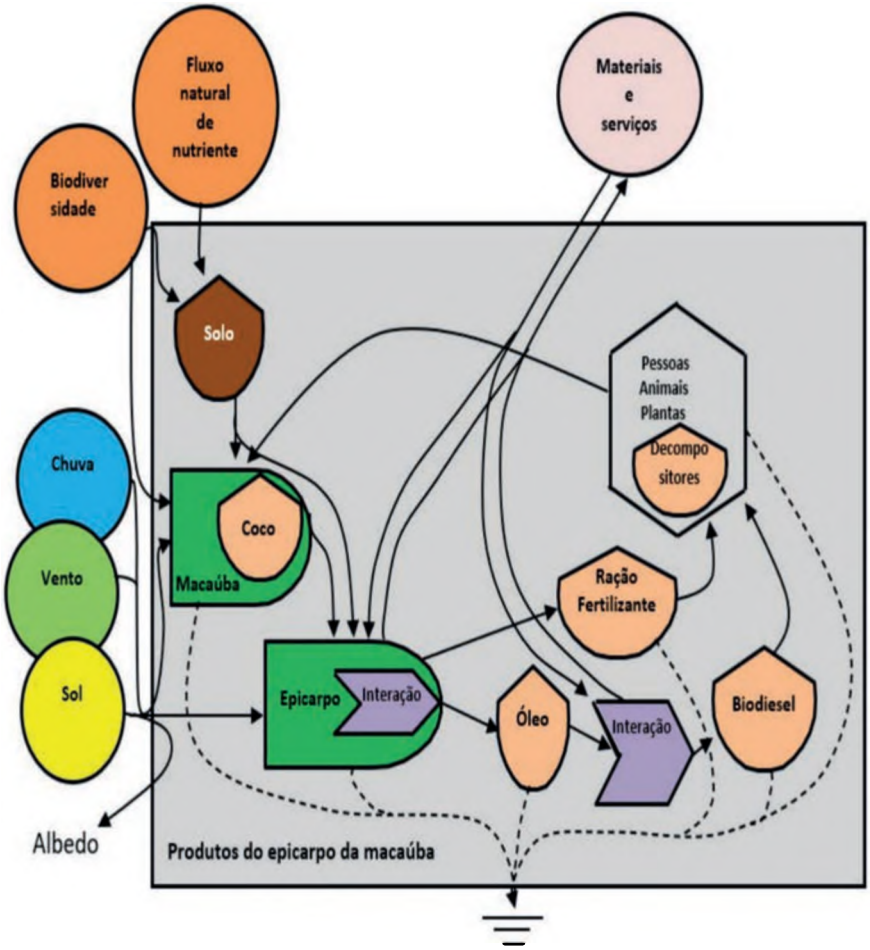
Do tronco do babaçu, com a interação dos materiais e serviços da economia se obtém o palmito, o uso na construção civil e o fertilizante que, ou são consumidos pelas pessoas ou pelas plantas e, consumidos e transformados pelos decompositores em resíduos que retroalimentam os produtores primários, a palmeira babaçu na base da cadeia produtiva. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

5.2 Macaúba: Análise Emergética Exploratória e Explanatória

A análise emergética exploratória e explanatória da macaúba se inicia com o epicarpo do fruto, como se observa no diagrama da figura 5.7.

Digitized by Google

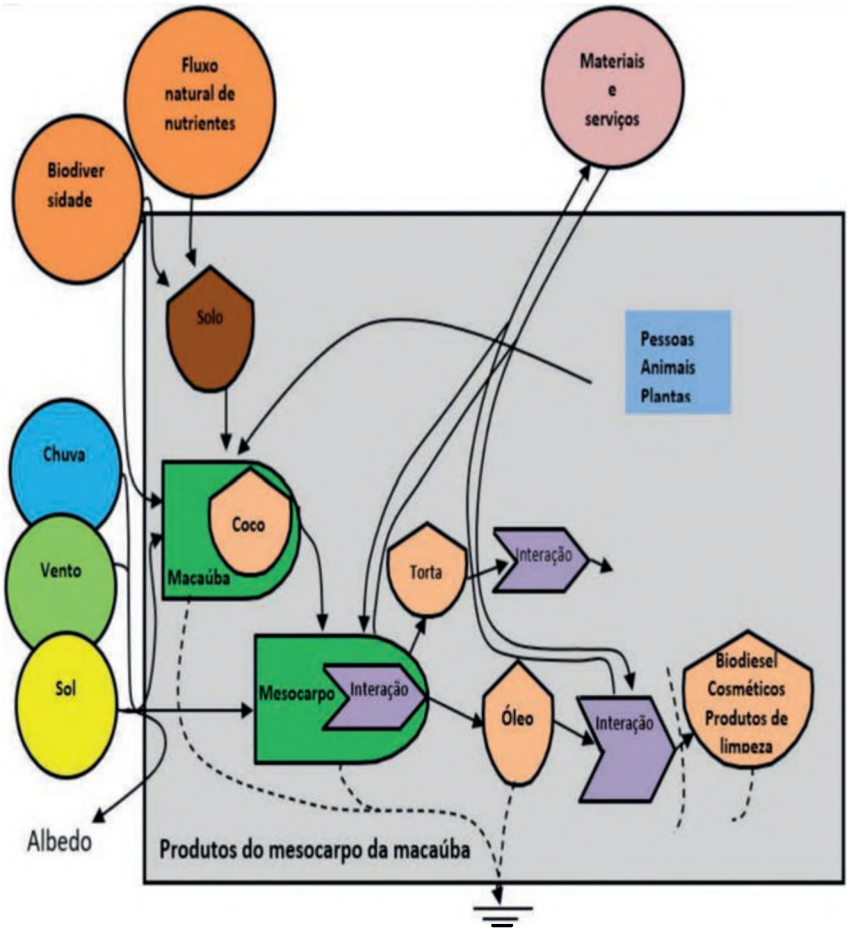
Figura 5.7: Análise emergética exploratória e explanatória do epicarpo da macaúba



O epicarpo é parte que integra o coco macaúba, que com a interação dos materiais e serviços da economia surge dois produtos, a ração e o fertilizante, que serão consumidos ou pelos animais ou consumidos e transformados pelos decompositores que retroalimentam a cadeia produtiva na sua base nos produtores primários, a palmeira macaúba. Outro produto é o óleo, que com nova interação se obtém o biodiesel que será consumido nas atividades pelas pessoas. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. No diagrama da figura 5.8 se evidenciam os produtos do mesocarpo da macaúba.

Digitized by Google

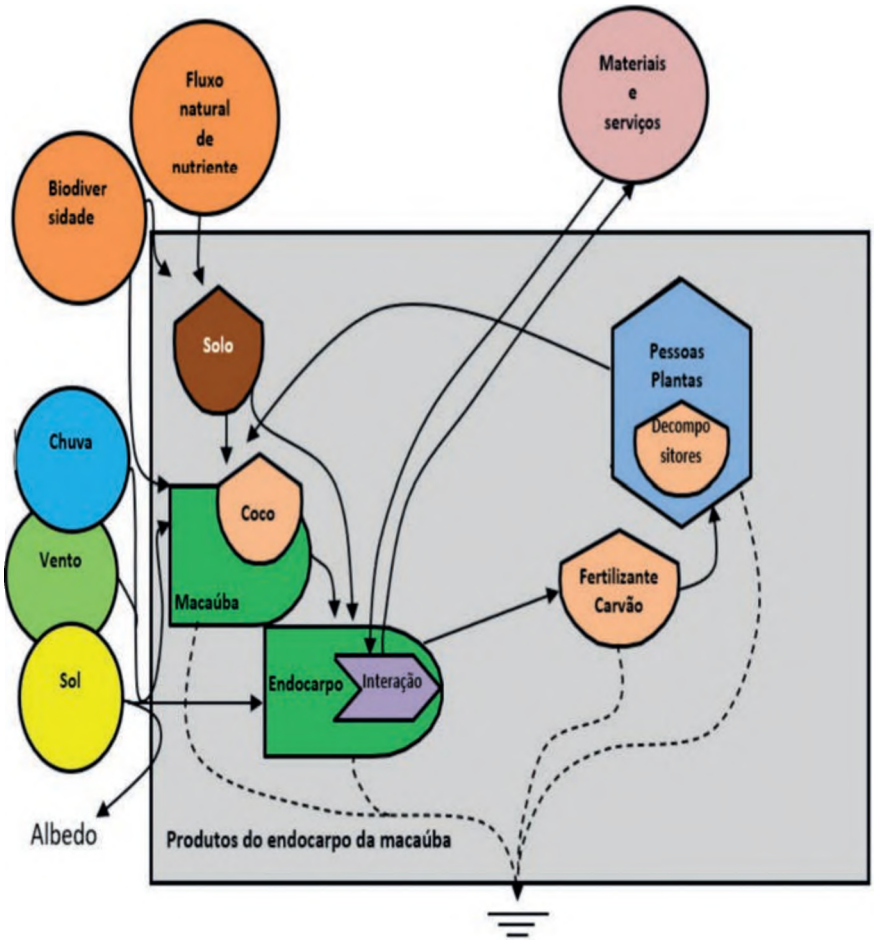
Figura 5.8: Análise emergética exploratória e explanatória do mesocarpo da macaúba



Do mesocarpo do coco da macaúba, na sua primeira interação dos materiais e serviços da economia surgem dois produtos, a torta e o óleo, da torta com nova interação se obtém a ração, o bioetanol, sorvetes e licores, que são consumidos ou pelas pessoas, animais, pelas plantas ou estes produtos são decompostos e transformados pelos decompositores, retornando no processo de retroalimentação na base da cadeia produtiva, alimentando os produtores primários, a palmeira macaúba. O óleo, com nova interação se obtém o biodiesel, os cosméticos, e os produtos de limpeza, que são consumidos nas atividades pelas pessoas. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. O diagrama da figura 5.9 trata dos produtos obtidos endocarpo da macaúba.

Digitized by Google

Figura 5.9: Análise emergética exploratória e explanatória do endocarpo da macaúba

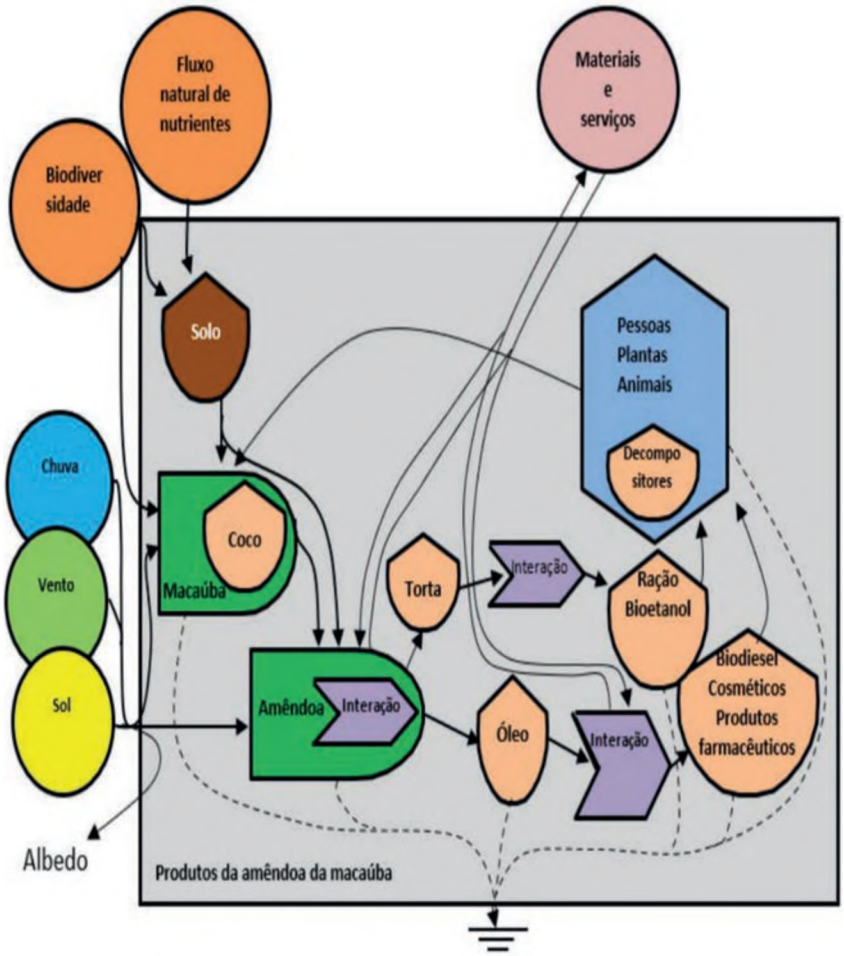


Do endocarpo do coco da macaúba, em sua interação com os materiais e serviços da economia se obtém o carvão e o fertilizante, produtos que são consumidos pelos pelas pessoas e plantas ou decompostos e transformados pelos decompositores, retornando a base da cadeia produtiva retroalimentando os produtores primários, a palmeira macaúba. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

No diagrama da figura 5.10 se evidencia os produtos da amêndoa da macaúba.

Digitized by Google

Figura 5.10: Análise emergética exploratória e explanatória da amêndoa da macaúba.

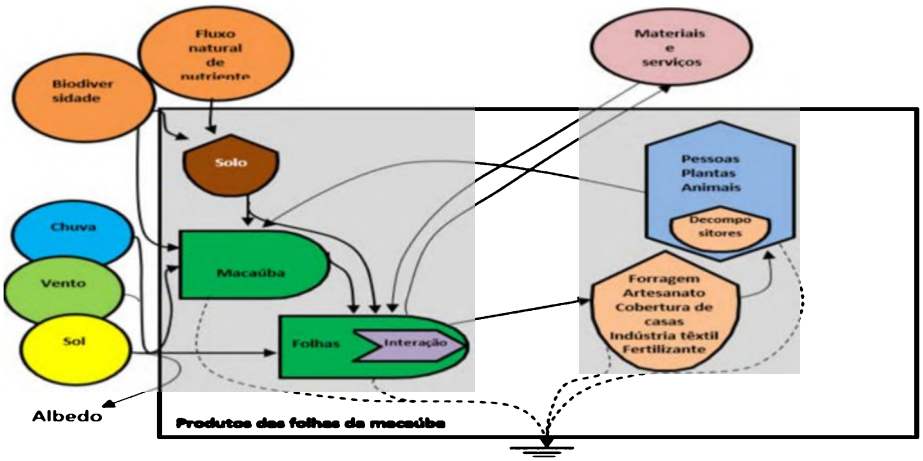


Da amêndoa da macaúba surgem dois produtos, a torta e o óleo, da torta com nova interação dos materiais e serviços da economia se obtém o bioetanol que é consumido pelas atividades das pessoas e, a ração que é consumida pelos animais ou consumida e transformada pelos decompositores e, retorna a base da cadeia alimentando os produtores primários, a palmeira macaúba. Do óleo, com nova interação se produz o biodiesel, cosméticos e produtos farmacêuticos que serão consumidos pelas pessoas. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

O diagrama da figura 5.11 trata dos produtos obtidos das folhas da macaúba.

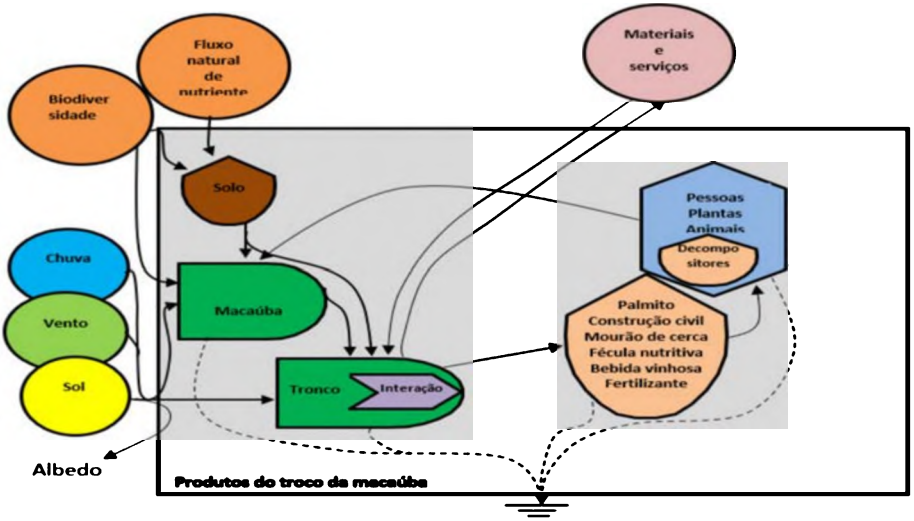
Digitized by Google

Figura 5.11: Análise emergética exploratória e explanatória das folhas da macaúba.



Das folhas da macaúba com a interação dos materiais e serviços da economia se obtém a forragem, o artesanato, a cobertura das casas, produtos da indústria têxtil e os fertilizantes, que quando não usados por pessoas é consumido por animais ou consumidos e transformados por decompositores que acaba por retornar para a base da cadeia, retroalimentando os produtores primários, a palmeira macaúba. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro. No diagrama que segue da figura 5.12 evidenciam-se os produtos do tronco da macaúba.

Figura 5.12: Análise emergética exploratória e explanatória do tronco da macaúba.



Digitized by Google

A partir da interação dos materiais e serviços da economia, do tronco da macaúba, se obtém o palmito como alimento, se constroem casas, se tem o mourão para cercas, a fécula para alimentação, a bebida vinhosa, e o fertilizante que, consumidos pelas pessoas e pelos animais ou consumidos e transformados pelos decompositores, retornam a base da cadeia retroalimentando os produtores primários, a palmeira macaúba. A cada produto se conduz parte que se perde e vai para o sumidouro.

5.3 Contexto Geral dos Diagramas da Análise Emergética

A análise emergética vista de um ângulo diferente, pode ser feita a partir dos fluxos naturais que ocorrem da energia na Biosfera, através do diagrama emergético de análise de funcionamento de um ecossistema (Figura 5.13).

Segundo Ortega e Bacic (2009), um sistema agrícola pode entrar em colapso quando não tem biodiversidade, porque perde entradas naturais e sua fertilidade diminui. Analogamente pode-se analisar o sistema de produção extrativista do coco de babaçu e do coco de macaúba. Na figura 5.13, primeiramente se tem as entradas dos recursos naturais para o produtor denominado de vegetação, neste caso esta vegetação é a representação das palmeiras do babaçu e da macaúba, onde que em seu processo de interação com o ambiente produz a biomassa. Que segundo Coelho (1982 apud SOARES et al., 2006, p. 3), biomassa é:

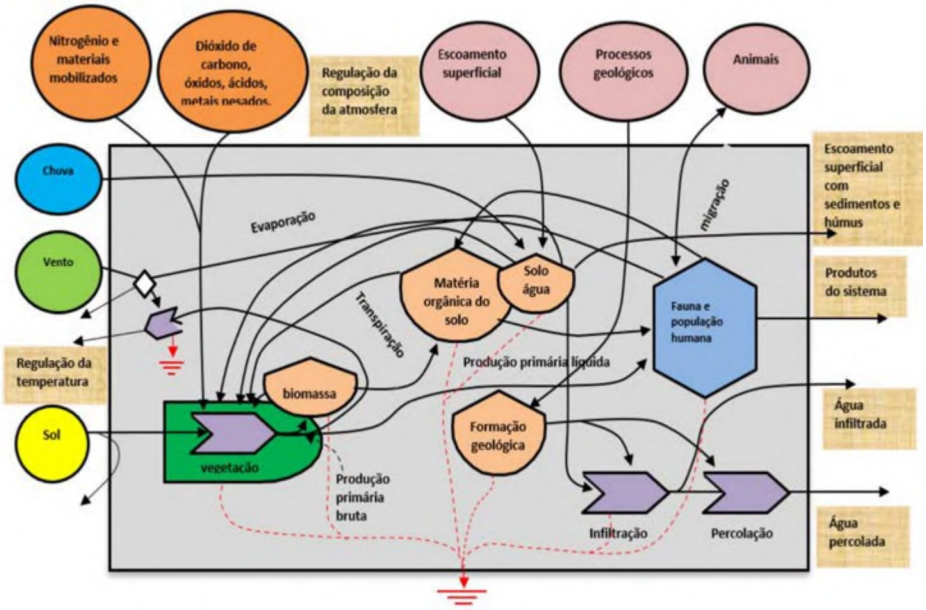
> "o conjunto de materiais orgânicos gerados por organismos autótrofos do reino vegetal (fitomassa) ou acumulados nos seres heterótrofos do reino animal (zoomassa). Os organismos fotossintéticos (autótrofos) são capazes de transformar a energia solar em energia química, mediante a atuação biogeoquímica dos cloroplastos contidos na clorofila das plantas. Essa energia é retida e acumulada nos espaços intermoleculares e é liberada em processos que envolvem oxidação, redução e hidrólise, que podem ser de natureza termoquímica, bioquímica e biológica."

Neste sentido, o tronco, as folhas e os frutos são energia produzida

Digitized by Google

pelas plantas e depositada dentro do sistema, que pelo diagrama pode ser considerada produção primária bruta. O processo é contínuo, as plantas fazem a transpiração, que juntamente com a evaporação da água do solo e a energia do vento promove a regulação da temperatura e, como consequência contribui para a regulação da composição da atmosfera.

Figura 5.13: Análise do funcionamento de um ecossistema



Fonte: Ortega e Bacic, 2009.

A biomassa é ainda, um componente da matéria orgânica do solo, que juntamente com a própria planta ainda de pé, onde segundo Dias et al., (2011), as características botânicas e morfológicas das palmeiras melhoram a captação da água de maneira eficiente e, com raízes do tipo fasciculado atuam na forma de uma esponja, que após a água escorrer pelo tronco a absorve, armazena e a disponibiliza, também promove a infiltração desta água no solo, constituindo-se numa barreira física na redução do escoamento superficial. A interação do sistema com água infiltrada e percolada favorece o processo de formação geológica e, na disponibilização desta água para a fauna e para população humana.

Como produção primária líquida, podem ser considerados os

Digitized by Google

frutos e as folhas disponíveis para consumo da fauna a para a polução humana, sendo que esta faz uso também do tronco na construção civil rústica. Dentro do diagrama, tanto a fauna como a população humana são considerados consumidores, que em seu processo na busca de subsistência migram, se deslocam de uma mata para outra. Os animais em seu processo de migração proporcionam a disseminação de seus resíduos e, entre estes encontram-se as sementes das palmeiras que germinam, promovendo a reprodução da espécie de plantas.

Com a população humana ocorre um processo diferente, os frutos são coletados e transportados para outro local, se destinando para alimentação e para a industrialização, dando um caráter social ao sistema produtivo das palmeiras, pois segundo Lorenzi et al., (2011), quem subsiste com a coleta e processamento dos frutos são famílias que habitam os locais de ocorrência natural destas palmeiras, sendo uma atividade complementar de renda familiar. A análise emergética exploratória e explanatória traz nesse sentido, a inclusão social no sistema, por envolver os benefícios para a população humana dentro do processo de extração do coco babaçu e do coco macaúba. A prática do extrativismo destes frutos do cerrado estimula a preservação destas palmeiras em seu habitat, pois os próprios extrativistas se tornam os defensores. Segundo Ortega e Bacic (2009), deste modo, cria-se um sistema com biodiversidade ganhando entradas naturais, protegendo sua fertilidade e evitando o colapso.

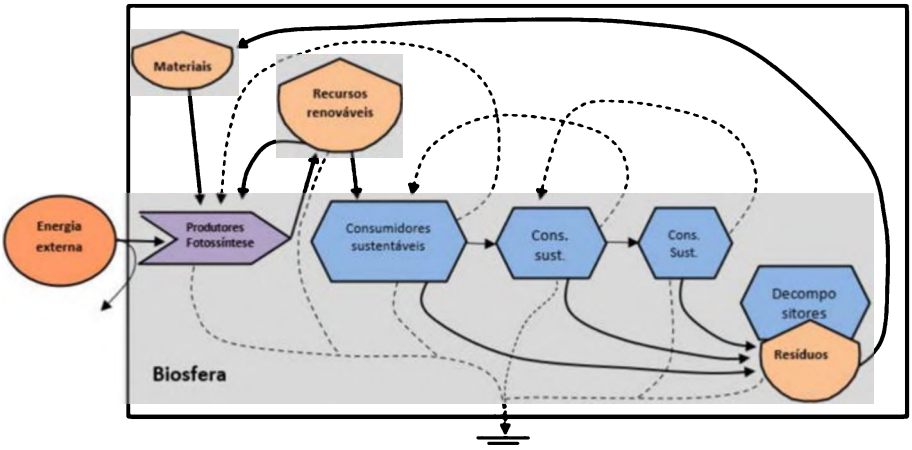
Contudo, a coleta extrativista não está a salvo de observações mais críticas, pois se trata na prática, de uma atividade que não permite ou impede parte do processo de regeneração natural da população das palmeiras de babaçu e de macaúba, quando a coleta dos frutos é executada por completo. Isto faz repensar a prática da coleta, para que não se execute a eliminação total dos frutos, fazendo uso racional da coleta, deixando certa quantidade de frutos para a regeneração natural da população de palmeiras no seu habitat, bem como para a fauna que se alimenta destes frutos.

Dentro do diagrama que analisa o funcionamento de um ecossistema, segundo Ortega e Zanghetin (2009), os resíduos ainda têm um

Digitized by Google

pouco de energia disponível, esta é aproveitada pelos decompositores, um grupo especial de animais que devolvem ao sistema os nutrientes básicos para que se reinicie o ciclo de vida. Este é o processo de retroalimentação da cadeia produtiva. Os resíduos produzidos tanto pela fauna como pela população humana, retornam para recompor os nutrientes do solo, que alimenta as plantas na base da cadeia trófica, dando início a um novo processo produtivo do sistema. Por último, o diagrama aponta que parte da energia sai do sistema como energia degradada. De acordo com Ortega (2011), o desenvolvimento dos sistemas ocorre em ciclos que incluem três etapas: produção, consumo e reciclagem, o esquema pode ser evidenciado na figura 5.14.

Figura 5.14: As três etapas do desenvolvimento dos sistemas, cadeia trófica gerada pela energia captada na fotossíntese.



Fonte: Ortega e Zanghetin, 2009

Como se pode observar na figura 5.14, a princípio se tem a fase produtiva, nesta fase os produtores transformam pela fotossíntese a energia externa em biomassa que alimenta os consumidores na segunda etapa do sistema, sendo que todos produzem resíduos e os decompositores acabam por reciclar estes resíduos transformando-os em nutrientes para o solo, servindo de alimento para os produtores primários. Sendo por último a representação do sumidouro da energia degradada. Segundo

Digitized by Google

Tiezzi (1988), uma cadeia trófica quanto mais complexa é mais equilibrada biologicamente, portanto, a complexidade biológica é sinônimo de estabilidade e flexibilidade. E, o equilíbrio biológico depende muito da capacidade de se renovar os recursos naturais e, isso impõe limites ao crescimento demográfico e produtivo. Assim, a manutenção das palmeiras em seu habitat com exploração equilibrada de seus frutos, proporciona a renovação biológica do sistema e a continuidade do ciclo de vida.

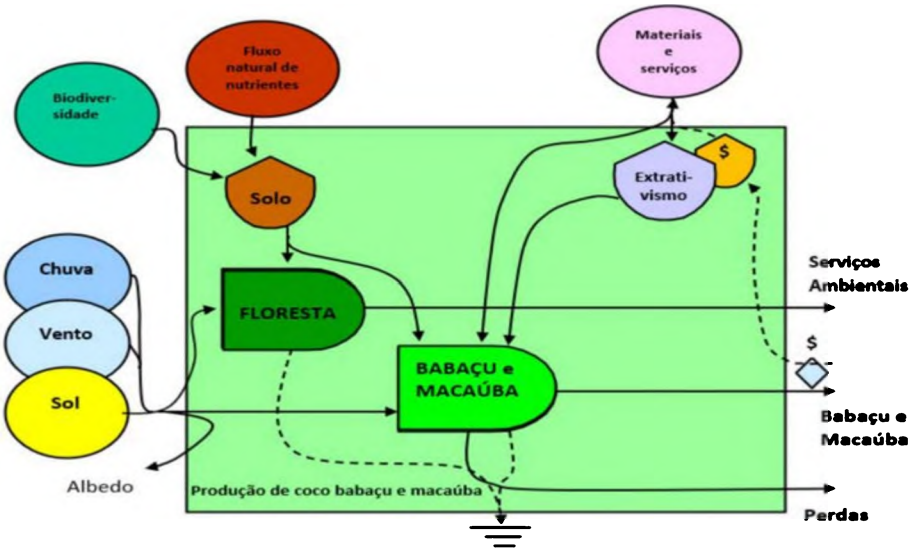
5.4 – Índices Emergéticos

5.4.1 Produção extrativista: babaçu e macaúba no cerrado brasileiro

Nesta parte da dissertação aplicam-se os índices emergéticos matemáticos, assim as contribuições dos recursos naturais e da economia foram quantificadas para o sistema de produção extrativista de coco babaçu e coco macaúba. Para ambas as palmeiras, se faz necessário esclarecer que as folhas e o tronco não entram nos cálculos dos índices emergético. Os índices que expressam o grau de sustentabilidade ecológica e econômica do sistema foram descritos teoricamente e calculados. A figura 5.15 mostra o diagrama dos fluxos emergéticos para o sistema de produção extrativista do coco babaçu e coco macaúba, onde são demonstradas as principais entradas e saídas do sistema. É necessário elucidar que o diagrama do sistema anota somente os fatores mais importantes presentes no sistema observado, que são passíveis de quantificação dentro de uma avaliação emergética, partindo da formação do fruto na palmeira babaçu e na palmeira macaúba, até a colocação do coco na indústria. Na venda do coco babaçu e do coco macaúba se tem a entrada de dinheiro ao sistema, que é usado no pagamento dos recursos comprados na economia.

Digitized by Google

Figura 5.15 Diagrama sistêmico do fluxo de emergia da produção do coco babaçu e do coco macaúba.



O diagrama da figura 5.15 abrange os dois produtos em análise, o babaçu e a macaúba, por terem o mesmo sistema de produção e coleta dos frutos. Inicia-se com as fontes renováveis de energia, o sol, a chuva e o vento, que fornecem energia para os produtores, neste caso a floresta e as palmeiras de babaçu e de macaúba. O albedo representa parte da energia do sol que não é convertida e sim refletida. A biodiversidade representa o complexo natural já presente na biosfera, que pela sua existência contribui para a formação do solo, assim como os nutrientes já existentes nele, o solo é considerado fluxo natural não renovável e, no sistema além de fonte de energia, é considerado um depósito justamente por ser formado pela biodiversidade e pelos nutrientes. A floresta que se encontra dentro do sistema, é representada como produtor por fornecer serviços ambientais como: conservação das águas, nascentes, córregos e rios; alimentação humana e animal; e bem estar de modo geral das espécies sobre o planeta Terra. Destaca-se no diagrama, o babaçu e a macaúba como produtores, que recebem os fluxos de energia naturais renováveis e o não renovável. O produto fornecido neste caso são os frutos, que com o extrativismo constituído pelos materiais e serviços da economia são coletados e saem do sistema e, o

Digitized by Google

sistema recebe em troca o pagamento externo formado pelos recursos de troca da economia, o dinheiro. Com isso, se inicia um novo ciclo do extrativismo do babaçu e da macaúba. Contudo, o aproveitamento não ocorre por completo, os produtores não conseguem converter toda a energia recebida, parte acaba por sair pelo sumidouro do sistema, bem como nem todos os frutos são coletados e, por isso existem as perdas que saem do sistema.

5.4.2 Avaliação emergética: babaçu e macaúba

Na tabela 5.1 e 5.2, apresentam-se os valores dos fluxos que foram calculados para realizar a análise emergética do sistema de produção extrativista do coco babaçu e do coco macaúba, respectivamente. As contribuições dos recursos da natureza que foram quantificadas são: o sol, a chuva e o vento. O recurso natural que não é renovável neste sistema é a perda do solo. Os recursos vindos da economia têm-se o combustível (diesel, de origem fóssil), utilizado para o transporte do coco babaçu e do coco macaúba até a fábrica. Como serviços tem-se a mão de obra simples da coleta do coco no campo, considera-se mão de obra simples por se tratar de um trabalho que não exige maior grau de qualificação para a execução do mesmo, sendo feito por simples trabalhadores rurais e indígenas. Neste sistema, como produto tem-se o coco babaçu e o coco macaúba inteiros.

Digitized by Google

Tabela 5.1: Avaliação emergética do sistema de produção extrativista do coco babaçu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Contribuições	Fração renovável	Fluxo de energia (unid./ha/ano)	Unid.	Transformidades (sej/unid.)	Referência para (sej/unid.)	Emergia renovável (sej/ha/ano)	Emergia não renovável (sej/ha/ano)	Emergia total (sej/ha/ano)	%
3	Sol	1	$1,44x10^{11}$	J	$1,00x10^{0}$	a	$1,44x10^{11}$	0,00	$1,44x10^{11}$	
4	Chuva	1	$7,00x10^{10}$	J	$3,10x10^{4}$	a	$2,17x10^{15}$	0,00	$2,17x10^{15}$	
5	Vento	1	$9,19x10^{9}$	J	$2,45x10^{3}$	a	$2,25x10^{13}$	0,00	$2,25x10^{13}$	
6	Total renováveis						**$2,19x10^{15}$**	**0,00**	**$2,19x10^{15}$**	**18,90**
7	Perda de solo	0	$1,00x10^{9}$	J	$1,24x10^{5}$	b	0,00	$1,24x10^{14}$	$1,24x10^{14}$	
8	Total não renováveis						**0,00**	**$1,24x10^{14}$**	**$1,24x10^{14}$**	**1,07**
9	Diesel	0,05	$1,83x10^{9}$	J	$1,11x10^{5}$	c	$1,02x10^{13}$	$1,93x10^{14}$	$2,03x10^{14}$	
10	Total materiais						**$1,02x10^{13}$**	**$1,93x10^{14}$**	**$2,03x10^{14}$**	**1,75**
11	Mão de obra simples	0,9	$4,91x10^{8}$	J	$1,85x10^{7}$	d	$8,18x10^{15}$	$9,08x10^{14}$	$9,08x10^{15}$	
12	Total serviços						**$8,18x10^{15}$**	**$9,08x10^{14}$**	**$9,08x10^{15}$**	**78,28**
13	Emergia total						**$1,04x10^{16}$**	**$1,23x10^{15}$**	**$1,16x10^{16}$**	**100,00**

(a) ODUM, Howard Thomas; BROWN Mark T; BRANDT-WILLIAMS, Sherry, 2000. (b) BRANDT-WILLIAMS, Sherry, (2002 apud AGOSTINHO, Feni Dalano Roosevelt, 2009). (c) Odum (1996 apud CAVALETT, 2008). (d) ORTEGA et al., 2010. Para fração renovável: chuva, perda de solo e mão de obra (ORTEGA et al., 2010). Para sol e vento (AGOSTINHO, 2005). Para diesel (CAVALETT, 2004)

Digitized by Google

Na tabela 5.1, (cálculos no Apêndice 2) se tem como contribuição mais importante, no sistema de extração do babaçu, a mão de obra empregada que corresponde a $9{,}08x10^{15}$ sej/ha/ano, ou 78,28% do total de recursos empregados e, como segundo componente mais importante, os recursos naturais renováveis, sua representação é de $2{,}19x10^{15}$ sej/ha/ano ou 18,90% do total dos recursos empregados. A produção total do coco babaçu corresponde a 17.600 kg de coco por hectare ano, equivalendo a $3{,}17434x10^{11}$ j/ha/ano (equação 4.32 do Apêndice 4). Para produzir esta quantidade de coco babaçu foi necessário um total em emergia de $1{,}16x10^{16}$ sej/ha/ano.

O mesmo acontece na tabela 5.2, (cálculos no Apêndice 3), porém com dados ainda mais expressivos para a contribuição da mão de obra empregada, no sistema de extração da macaúba, que corresponde a $2{,}42x10^{16}$ sej/ha/ano, ou 90,29% do total de recursos empregados e, como segundo componente mais importante são os recursos naturais renováveis, sua representação é de $2{,}19x10^{15}$ sej/ha/ano ou 8,17% do total dos recursos empregados. A produção total do coco macaúba corresponde a 25.000 kg de coco por hectare ano, equivalendo a $5{,}06094x10^{11}$ j/ha/ano (equação 4.32 do Apêndice 5). Para produzir esta quantidade de coco macaúba foi necessário um total em emergia de $2{,}68x10^{16}$ sej/ha/ano.

Diante dos dados, constata-se a diferença entre a energia do produto do babaçu, $3{,}17434x10^{11}$ j/ha/ano (equação 4.32 do Apêndice 4) e, a energia do produto da macaúba, $5{,}06094x10^{11}$ j/ha/ano (equação 4.32 do Apêndice 5). Portanto, a macaúba possui um potencial energético por hectare superior ao do babaçu em $1{,}8866x10^{11}$ j/ha/ano, representando uma superioridade energética de 59,43% em j/ha/ano da macaúba sobre o babaçu. Esta superioridade ocorre por ser maior a produção de coco macaúba por hectare e seu poder calorifico por kg de coco da macaúba, também ser maior. Esta superioridade se atribui principalmente ao volume de coco produzido por hectare.

Constata-se também a diferença entre a emergia total do babaçu, $1{,}16x10^{16}$ sej/ha/ano e, a emergia total da macaúba, $2{,}68x10^{16}$ sej/ha/ano. Assim, a emergia total da macaúba é superior a do babaçu em $1{,}52x10^{16}$ sej/ha/ano, representando uma superioridade de 131,03%. Esta superioridade significa maior uso de emergia por hectare ano para se obter a energia produzida. Isto ocorre porque a produção de coco da macaúba por hectare é maior, necessitando de mais mão de obra para colheita e mais combustível para o transporte até à usina.

Digitized by Google

Tabela 5.2: Avaliação emergética do sistema de produção extrativista do coco macaúba

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Contribuições	Fração renovável	Fluxo de energia (unid./ha/ano)	Unid.	Transformidades (sej/unid.)	Referência para (sej/unid.)	Emergia renovável (sej/ha/ano)	Emergia não renovável (sej/ha/ano)	Emergia total (sej/ha/ano)	%
3	Sol	1	$1,44x10^{11}$	J	$1,00x10^{0}$	a	$1,44x10^{11}$	0,00	$1,44x10^{11}$	
4	Chuva	1	$7,00x10^{10}$	J	$3,10x10^{4}$	a	$2,17x10^{15}$	0,00	$2,17x10^{15}$	
5	Vento	1	$9,19x10^{9}$	J	$2,45x10^{3}$	a	$2,25x10^{13}$	0,00	$2,25x10^{13}$	
6	Total renováveis						**$2,19x10^{15}$**	**0,00**	**$2,19x10^{15}$**	**8,17**
7	Perda de solo	0	$1,00x10^{9}$	J	$1,24x10^{5}$	b	0,00	$1,24x10^{14}$	$1,24x10^{14}$	
8	Total não renováveis						**0,00**	**$1,24x10^{14}$**	**$1,24x10^{14}$**	**0,46**
9	Diesel	0,05	$2,61x10^{9}$	J	$1,11x10^{5}$	c	$1,45x10^{13}$	$2,75x10^{14}$	$2,90x10^{14}$	
10	Total materiais						**$1,45x10^{13}$**	**$2,75x10^{14}$**	**$2,90x10^{14}$**	**1,08**
11	Mão de obra simples	0,9	$1,31x10^{9}$	J	$1,85x10^{7}$	d	$2,18x10^{16}$	$2,42x10^{15}$	$2,42x10^{16}$	
12	Total serviços						**$2,18x10^{16}$**	**$2,42x10^{15}$**	**$2,42x10^{16}$**	**90,29**
13	Emergia total						**$2,40x10^{16}$**	**$2,82x10^{15}$**	**$2,68x10^{16}$**	**100,00**

(a) ODUM, Howard Thomas; BROWN Mark T; BRANDT-WILLIAMS, Sherry, 2000. (b) BRANDT-WILLIAMS, Sherry, (2002 apud AGOSTINHO, Feni Dalano Roosevelt, 2009). (c) Odum (1996 apud CAVALETT, 2008). (d) ORTEGA et al., 2010. Para fração renovável: chuva, perda de solo e mão de obra (ORTEGA et al., 2010). Para sol e vento (AGOSTINHO, 2005). Para diesel (CAVALETT, 2004)

Digitized by Google

Na tabela 5.3 apresentaram-se os dados utilizados para os cálculos dos índices emergéticos do babaçu.

Tabela 5.3: Dados utilizados para efetuar os cálculos dos índices emergéticos do sistema de produção extrativista do babaçu

Dado	**Referência**
Emergia total. = $1{,}16x10^{16}$ **(Y)**	Tabela 5.1
kJ/kg, fruto inteiro = 18.036 **(kJkf)**	Abreu (1940 apud TEIXEIRA, 2003).
Produção de babaçu = 17.600 kg/ha/ano. **(p)**	Wisniewski e Melo, (1981).
1.000 J = 1 KJ **(c)**	
Emergia total (renováveis) = $2{,}19x10^{15}$ **(R)**	Tabela 5.1
Emergia renovável (materiais) = $1{,}02x10^{13}$ **(M_R)**	Tabela 5.1
Emergia renovável (serviços) = $8{,}18x10^{15}$ **(S_R)**	Tabela 5.1
Emergia não renovável (materiais) = $1{,}93x10^{14}$ **(M_N)**	Tabela 5.1
Emergia não renovável (serviços) = $9{,}08x10^{14}$ **(S_N)**	Tabela 5.1
Emergia não renovável (não renováveis) = $1{,}24x10^{14}$ **(N)**	Tabela 5.1
Preço do coco R$ 0,25. kg^{-1}	http://www.mfrural.com.br
Valor dólar em 14 de junho de 2013 R$ 2,13	Banco Central do Brasil, (2013).
$US\$^{-1}$kg de coco = 0,12 **(US$)**	
(sej/$) = (emergia/US$) seJ $US\$^{-1}$ = $3{,}7x10^{12}$ **(seJ US$)**	Cavalett, (2008).

Fonte: elaboração pelo autor.

A tabela 5.4 apresentam-se os dados utilizados para os cálculos dos índices emergéticos da macaúba.

5.4: Dados utilizados para efetuar os cálculos dos índices emergéticos do sistema de produção extrativista da macaúba

Dado	**Referência**
Emergia total = $2{,}68x10^{16}$ **(Y)**	Tabela 5.2
kJ/kg, fruto inteiro = 20.243,74 **(kJkf)**	Oliveira, (2008).
Produção de macaúba = 25.000 kg/ha/ano. **(p)**	Silva, (2007).
1.000 J = 1 KJ **(c)**	
Emergia total (renováveis) = $2{,}19x10^{15}$ **(R)**	Tabela 5.2
Emergia renovável (materiais) = $1{,}45x10^{13}$ **(M_R)**	Tabela 5.2
Emergia renovável (serviços) = $2{,}18x10^{16}$ **(S_R)**	Tabela 5.2
Emergia não renovável (materiais) = $2{,}75x10^{14}$ **(M_N)**	Tabela 5.2
Emergia não renovável (serviços) = $2{,}42x10^{15}$ **(S_N)**	Tabela 5.2
Emergia não renovável (não renováveis) = $1{,}24x10^{14}$ **(N)**	Tabela 5.2
Preço do coco R$ 0,19. kg^{-1}	Pimentel et al., (2011).
Valor dólar em 14 de junho de 2013 R$ 2,13	Banco Central do Brasil, (2013).
$US\$^{-1}$kg de coco = 0,09 **(US$)**	
(sej/$) = (emergia/US$) seJ $US\$^{-1}$ = $3{,}7x10^{12}$ **(seJ US$)**	Cavalett, (2008).

Fonte: elaboração pelo autor.

Digitized by Google

5.4.3 Índices emergéticos: cálculos e interpretação

A Tabela 5.5 apresenta os índices emergéticos que foram calculados para a produção extrativista do coco babaçu. A memória dos cálculos encontram-se no Apêndice 4.

Tabela 5.5: Índices emergéticos da produção extrativista do coco babaçu.

Índice	Cálculo	Valor	Unidade
Transformidade do coco babaçu	$Tr = \frac{Y}{ep}$	36.593	SeJ/J
Renovabilidade	$\%R = c * (\frac{R + M_R + S_R}{Y})$	89,48	%
Rendimento emergético	$EYR = \frac{Y}{M_N + S_N}$	10,54	-
Investimento emergético	$EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N}$	0,10	-
Intercâmbio emergético	$EER = \frac{Y}{p * US\$ * seJ.US\$}$	1,48	-
Carga ambiental	$ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R}$	0,12	-
Sustentabilidade	$ESI = \frac{EYR}{ELR}$	87,83	-

Fonte: elaboração pelo autor

A discussão dos índices emergéticos do babaçu se dará após a tabela 5.6, juntamente e de forma comparativa com os índices emergéticos da macaúba. Nesta apresenta-se os índices emergéticos que foram calculados para a produção extrativista do coco macaúba. A memória dos cálculos encontram-se no Apêndice 4 para babaçu e Apêndice 5 para macaúba.

Tabela 5.6: Índices emergéticos da produção extrativista do coco macaúba.

Índice	Cálculo	Valor	Unidade
Transformidade do coco macaúba	$Tr = \frac{Y}{ep}$	52.964	SeJ/J
Renovabilidade	$\%R = c * (\frac{R + M_R + S_R}{Y})$	89,57	%
Rendimento emergético	$EYR = \frac{Y}{M_N + S_N}$	9,94	-
Investimento emergético	$EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N}$	0,11	-
Intercâmbio emergético	$EER = \frac{Y}{p * US\$ * seJ.US\$}$	3,22	-
Carga ambiental	$ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R}$	0,12	-
Sustentabilidade	$ESI = \frac{EYR}{ELR}$	82,83	-

Fonte: elaboração pelo autor

Digitized by Google

O valor obtido para a transformidade do coco babaçu e do coco macaúba, foi dentro do valor esperado, visto que se trata do mesmo método de produção, o extrativista. Segundo Comar (1998, p. 73), "Uma maior transformidade para um mesmo processo em situação diferente normalmente o define como menos eficiente, pois ele precisou usar mais emergia para produzir 1 Joule de si mesmo." Esta afirmação fica ainda mais evidente quando se compara a transformidade obtida por Cavalett (2008) na produção de soja, mesmo não sendo um processo extrativista, é passível de comparação.

A tabela 5.7 evidencia estes valores.

Tabela 5.7: Valores das transformidades

Planta	Transformidades	Referência
Babaçu	36.593 SeJ/J	Tabela 5.5
Macaúba	52.964 SeJ/J	Tabela 5.6
Soja	$1{,}01 \times 10^{05}$ SeJ/J	Cavalett, 2008

Fonte: Elaboração pelo autor

As transformidades apresentadas mostram que o sistema de produção extrativista do coco babaçu e do coco macaúba são mais eficientes, pois precisou usar menos emergia para produzir 1 joule de si mesmo. Segundo Comar (1998, p. 9) "uma transformidade maior indica um processo menos ecologicamente adaptado". Portanto, a produção extrativista do babaçu e da macaúba, possuem o processo ecologicamente mais adaptado que a produção convencional de soja. Contudo, esses mesmos resultados mostram que o extrativismo do babaçu é mais eficiente e mais adaptado ecologicamente que o extrativismo da macaúba, porque sua transformidade é inferior.

A tabela 5.8 traz o índice de renovabilidade emergética

Tabela 5.8: Índice de renovabilidade emergética

Planta	Renovabilidade emergética	Referência
Babaçu	89,48%	Tabela 5.5
Macaúba	89,57%	Tabela 5.6
Soja	35,6%	Cavalett, 2008

Fonte: Elaboração pelo autor

Digitized by Google

Observa-se nos resultados que o sistema analisado neste estudo é comprovadamente mais sustentável que o da soja obtido por Cavalett (2008). Segundo Ortega et al., (2010) o sistema produtivo que apresentar alta renovabilidade, no longo prazo acaba prevalecendo sobre o sistema de índice menor. Atribui-se a parcela do fator mão de obra renovável e aos recursos naturais renováveis, tanto para o babaçu quanto para a macaúba, como as principais contribuições para este índice. Neste índice, o babaçu e a macaúba estão praticamente iguais.

A tabela 5.9 apresenta o índice de rendimento emergético.

Tabela 5.9: Índice de rendimento emergético

Planta	Rendimento emergético	Referência
Babaçu	10,54	Tabela 5.5
Macaúba	9,94	Tabela 5.6
Soja	1,80	Cavalett, 2008

Fonte: Elaboração pelo autor

Os valores apresentados na tabela 5.9 indicam que para babaçu e macaúba existe alta habilidade do sistema em utilizar os recursos locais e, ofertá-los em forma de produtos como resposta aos investimentos externos. Neste sentido, Ortega et al., (2010, p. 168), afirma que "os sistemas com EYR > 5 têm potencial de contribuição significativo para o crescimento socioeconômico". De acordo com Cavalett (2008), a diferença acima de 1,00 representa a contribuição do meio ambiente no sistema. O índice (EYR) para a produção extrativista do coco babaçu, quer dizer que, de cada unidade de emergia do sistema, 9,54 provém do ambiente e, é este o rendimento líquido de emergia. Para a produção do coco macaúba, o rendimento líquido de emergia é de 8,94. Nos estudos de Cavalett (2008), a produção de soja teve um rendimento líquido de emergia de apenas 0,80.

A tabela 5.10 traz o índice de investimento emergético.

Tabela 5.10: Índice de investimento emergético

Planta	Investimento emergético	Referência
Babaçu	0,10	Tabela 5.5
Macaúba	0,11	Tabela 5.6
Soja	1,25	Cavalett, 2008

Fonte: Elaboração pelo autor

Digitized by Google

O investimento emergético é um índice muito importante, pois, mostra o uso eficiente da emergia dos investimentos em recursos da economia. De acordo com Ortega et al., (2010, p. 168), "o menor valor de EIR indica menor gasto de emergia não renovável, principalmente, condição que diminui o custo de produção e propicia melhor desempenho no mercado". Este valor aponta os produtos do sistema como altamente competitivos. Na produção de soja, Cavalett (2008) obteve um índice bem acima daquele obtido para o babaçu e macaúba nesta dissertação.

A tabela 5.11 apresenta o índice de intercâmbio emergético

Tabela 5.11: Índice de intercâmbio emergético

Planta	Intercâmbio emergético	Referência
Babaçu	1,48	Tabela 5.5
Macaúba	3,22	Tabela 5.6
Soja	2,66	Cavalett, 2008

Fonte: Elaboração pelo autor

Sabendo-se que com EER = 1, o produtor e o consumidor adquirem a mesma quantidade de emergia, neste caso, para o babaçu ouve quase equilíbrio, com pequeno benefício ao consumidor em detrimento do produtor. Tem-se uma perda de emergia por parte do produtor, ele empobrece, visto que a emergia que produz em forma de produtos e vende, ele não recebe em forma de dinheiro na mesma proporçao. Já para o coco macaúba, o valor encontrado foi bem acima do obtido para o babaçu, inclusive acima do valor obtido por Cavalett (2008) para a soja, o que mostra uma situação de desequilíbrio emergético, indicando empobrecimento do produtor. Atribui-se para o baixo preço pago ao coco macaúba a principal razão deste índice, associado a alta produção energética por hectare ano do coco macaúba, apontando que, o extrativista não é remunerado como devia ser.

A tabela 5.12 apresenta o índice de carga ambienta , que não há comparação com o índice da soja porque autor não disponibiliza o mesmo.

Digitized by Google

Tabela 5.12: Índice de carga ambiental

Planta	Carga ambiental	Referência
Babaçu	0,12	Tabela 5.5
Macaúba	0,12	Tabela 5.6

Fonte: Elaboração própria

Índice de Carga Ambiental (ELR) aponta que o sistema se aproxima de zero, índice de um ecossistema maduro e de pouco estresse e, que significa grande uso de recursos naturais. O índice menor que 2 indica baixa carga ambiental. A tabela 5.13 traz o índice de sustentabilidade, que não há comparação com o índice da soja porque autor também não o disponibiliza.

Tabela 5.13: Índice de sustentabilidade

Planta	Sustentabilidade	Referência
Babaçu	87,83	Tabela 5.5
Macaúba	82,83	Tabela 5.6

Fonte: Elaboração pelo autor

O índice de sustentabilidade atingido pelo sistema para produção do coco babaçu e, para produção do coco macaúba é alto, este é influenciado pelo alto índice de rendimento emergético e pelo baixo índice de carga ambiental. Por estarem acima de 5, indica que o sistema tem sustentabilidade no longo prazo e contribuem para o crescimento econômico, sem grave perturbação ambiental, com leve vantagem do extrativismo do babaçu em relação ao extrativismo da macaúba.

Contudo, mesmo com os resultados terem sido favoráveis a prática do extrativismo do coco babaçu e do coco macaúba, com destino a produção de biodiesel ou de outros produtos de consumo local e regional, é importante explorar estas palmeiras dentro de um limite que possam se renovar de acordo com seu potencial natural de renovabilidade. Portanto, estes frutos do Cerrado permitem e tem potencial para serem explorados de forma natural, o extrativismo, mas é necessário que se respeite os limites de regeneração da espécie, contemplando a partilha da geração atual com as gerações futuras deste recurso natural renovável

Digitized by Google

de produção e consumo, concretizando-se deste modo, o tripé da sustentabilidade, o social, o econômico e o ambiental. A tabela 5.14 traz um resumo dos índices emergéticos calculados para o babaçu e para a macaúba e os da soja calculados por Cavalett.

Tabela 5.14: Índices emergéticos da produção extrativista do babaçu e da macaúba e da produção convencional da soja.

Índice	Equação	Babaçu	Macaúba	Soja (CAVALETT, 2008)	Unidade
Resultados favoráveis					
Transformidade do coco babaçu	$Tr = \frac{Y}{ep}$	36.593	52.964	$1{,}01 \times 10^{05}$	SeJ/J
Renovabilidade	$\%R = c \times (\frac{R + M_R + S_R}{Y})$	89,48	89,57	35,6	%
Rendimento emergético	$EYR = \frac{Y}{M_N + S_N}$	10,54	9,94	1,80	-
Investimento emergético	$EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N}$	0,10	0,11	1,25	-
Carga ambiental	$ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R}$	0,12	0,12	-	-
Sustentabilidade	$ESI = \frac{EYR}{ELR}$	87,83	82,83	-	-
Resultado desfavorável					
Intercâmbio emergético	$EER = \frac{Y}{p \times US\$ \times seJ.US\$}$	1,48	3,22	2,66	-

Fonte: elaboração pelo autor

Observa-se na tabela 5.14 que o balanço emergético da produção extrativista do babaçu e da macaúba é positivo, sendo que em linhas gerais, o babaçu se apresenta com índices melhores que os da macaúba. Ao começar pelo índice de transformidade, onde aponta um sistema melhor adaptado ecologicamente e mais eficiente na transformação de energia. Destaca-se também o índice de renovabilidade, onde ambos estão próximos de 90%, caracterizando um sistema altamente renovável. O índice de investimento emergético, para ambas as palmeiras, está próximo de zero, o que caracteriza um sistema competitivo no mercado com baixos custos. A carga ambiental produzida pelo sistema comprova que não há produção de estresse no meio ambiente, pois os índices estão

Digitized by Google

próximos de zero, esta identificação se comprova através do índice de sustentabilidade que está acima de 80% para o babaçu e para a macaúba, apontando para um sistema produtivo sustentável no longo prazo.

Como resultado não favorável é o índice de intercâmbio emergético, que se está acima de 1 (um), o que demonstra que o sistema está em desequilíbrio entre o produtor e o consumidor. O fato mostra que pode melhorar ainda mais para o produtor, este pode ser mais bem remunerado dando mais sustentabilidade ao sistema.

Digitized by Google

6- CONCLUSÕES

O objetivo de usar a análise emergética para construir diagramas emergéticos e, calcular índices emergéticos referentes ao babaçu e a macaúba, gerando informações sobre o sistema extrativista destes frutos do Cerrado, verificando a sustentabilidade ambiental, econômica e social foi atingido. Levando-se em conta o método utilizado nesta dissertação e com base nos resultados obtidos, são possíveis algumas conclusões.

Pela análise emergética exploratória e explanatória, foi possível produzir diagramas e descrever as características tanto da palmeira babaçu quanto da palmeira macaúba, que fornecem matéria-prima para diversos produtos, entre eles o biodiesel, produto obtido a partir o óleo extraído dos frutos do babaçu e da macaúba, que passando por um processo de transformação se converte em biodiesel. Por meio dos diagramas emergéticos foi possível, também, descrever os benefícios pela ótica ecológica da análise emergética que mostrou ser um ecossistema em equilíbrio, onde se observou o fornecimento de benefícios econômicos e ambientais como: regulação da temperatura ambiente; infiltração e percolação da água no solo; o impedimento da erosão do solo; promove a evaporação da água; fotossíntese, absorvendo CO_2 e gerando ar oxigenado; produção de biomassa e de matéria orgânica; produção de etanol e produtos artesanais.

Pela análise emergética utilizando-se os índices, com o objetivo de produzir informações sobre o comportamento do sistema de produção do coco babaçu e do coco macaúba foi atingido. A proposta de utilizar a metodologia de Howard Thomas Odum para avaliar quantitativamente as contribuições e serviços ambientais aos processos de produção agrícola em estudo, permitiu a elaboração de índices relacionados a potencialidade e sustentabilidade.

O potencial energético entre o babaçu e a macaúba, aponta a superioridade da macaúba sobre o babaçu em 59,43% em j/ha/ano. Esta

Digitized by Google

superioridade se atribui principalmente ao volume de coco macaúba produzido por hectare e de seu poder calorífico por kg de coco da macaúba.

Quanto ao valor da transformidade, o babaçu possui um índice menor que o da macaúba, o que o torna mais eficiente, pois precisa usar menos emergia para produzir um joule de si mesmo. A macaúba produz mais energia por hectare, porém a emergia total de um hectare de macaúba é de 131,03% maior que a emergia total de um hectare de babaçu, isto resulta numa transformidade menor para a macaúba. O que faz da produção do babaçu um sistema ecologicamente melhor adaptado.

O índice da renovabilidade emergética obtido para babaçu e macaúba são bem próximos e de valor elevado, comprovando que o sistema é ambientalmente sustentável. O índice de rendimento emergético obtido para as duas palmeiras tem pouca diferença, ambos de valor elevado, o que indica alta habilidade do sistema em utilizar os recursos locais e ofertá-los na forma de produtos em resposta aos investimentos externos, contribuindo de forma significativa para o crescimento socioeconômico, comprovando alta contribuição do meio ambiente ao sistema e alto rendimento líquido de emergia.

O índice de investimento emergético obtido para ambos os frutos, estão bem próximos e, comprova que o sistema de produção extrativista em estudo é altamente competitivo no mercado. A taxa de intercâmbio para o babaçu apresenta quase equilíbrio entre produtor e consumidor. Já para o coco macaúba, foi bem acima da obtida para o babaçu, o que mostra uma situação de desequilíbrio emergético, indicando empobrecimento do produtor com favorecimento do consumidor, apontando um índice de envolvimento social, indicado pela relação entre produtor e consumidor.

O índice de carga ambiental obtido é o mesmo, abaixo de dois e aproximando-se de zero, comprovando um sistema maduro de pouco estresse, significando grande uso de recursos naturais. O índice de sustentabilidade atingido pelo sistema caracteriza um sistema sustentável no longo prazo e de contribuição para o crescimento econômico, sem

Digitized by Google

grave perturbação ambiental.

Concluiu-se que o babaçu e a macaúba tem um balanço emergético positivo quando destinados à produção de biodiesel e de outras atividades econômicas e sociais de modo equilibrado. Pode-se afirmar, utilizando as análises e resultados obtidos neste estudo, que a tendência deveria ser, para ter desenvolvimento sustentável, o uso de sistemas extrativistas ou próximos deste, desde que se defina como prioridade não tanto o volume de produção, mas a qualidade no manejo, com menor dependência de fontes externas de energia e de insumos. Deste modo, estes sistemas de produção podem se apresentar como uma alternativa idônea, a partir do momento que considere o uso equilibrado destes recursos, de forma que esta geração possa usar a quantidade que necessita para satisfazer as necessidades atuais e, também, respeitando os direitos de uso das próximas gerações.

Para trabalhos futuros sugere-se que seja realizada a análise emergética para outras matérias-primas extrativistas que podem ser destinadas a produção de biodiesel como o pinhão manso, amendoim, girassol, algodão, buriti, baru, pequi, inajá, andiroba, tucumã, mamona entre outras.

Digitized by Google

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Yolanda Vieira de; GUERRA Sinclair Mallet-Guy. Aspectos econômicos e ambientais do biodiesel. In: ABREU, Yolanda Vieira de; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; GUERRA Sinclair Mallet--Guy.(org.) **Energia Sociedade E Meio Ambiente.** Palmas/TO: 2010. p. 105-113. Disponível em: <http//www.eumed.net/cursecon/libreria/índex.htm, 2010.> Acesso em: 05/01/2012.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGOSTINHO, Feni Dalano Roosevelt. **Uso de análise emergética e sistema de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas.** 226 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2005.

_____. **Estudo da sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários da bacia hidrográfica dos rios Mogi-Guaçú e Pardo através da análise emergética.** 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2009.

ALTVATER, Elmar. O preço da Riqueza: Pilhagem Ambiental e a Nova (Des) Ordem Mundial. São Paulo: Ed. UNESP, 1995.

ALBUQUERQUE, Teldes Corrêa. **Avaliação emergética de propriedades agrosilvipastoris do Brasil e da Colômbia.** 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2006.

ANDRADE, Maria Helena Cano et al., **Óleo do Fruto de Palmeira Macaúba: Parte I. Uma Aplicação Potencial para Indústrias de Alimentos, Fármacos e Cosméticos.** In: II Encontro Brasileiro Sobre Tecnologia na Indústria Química (II ENBTEQ) - 3º. Seminário Abiquim de Tecnologia. São Paulo: ABEQ, 2006.

Digitized by Google

ANP-Agência Nacional do Petróleo. **Biodiesel - introdução.** (2013a). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=60468&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1367961543821> Acesso em 07/05/2013.

_____. **Boletim mensal do biodiesel**: Março de 2013. (2013b). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=65538&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1367947973022> Acesso em 07/05/2013.

_____. **30º leilão de biodiesel da ANP negocia mais de 488 mil metros cúbicos**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=65399&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1368021380241> Acesso em 08/05/2013.

ARAÚJO, Eugênio Celso Emérito. **Estado da arte e potencial do babaçu para a agroenergia.** Embrapa Meio-Norte. S/D. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45060/1/a5568.pdf

ARISTONE, Flávio; LEME, Flávia Maria. **Farinha da polpa de macaúba: guia completo e livro de receitas.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico – CNPq, 2006.

BARBOSA, Viviane de Oliveira. **Trabalho, conflitos e identidades numa terra de babaçu.** HISTÓRIA SOCIAL Campinas – SP nº 14/15, 2008. p. 255–275.

BARRETO, Andreza Milene de Oliveira. **Produção e comercialização a partir do babaçu (Orbignya speciosa (Mart.) Barb. Rodr.) em Cocalinho—MT.** 2006. 23 f. Monografia (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) - Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina – MT, 2006.

BARROS, Ilka de Carvalho. **Avaliação Biofarmacotécnica de potencial excipiente farmacêutico: pó de mesocarpo de babaçu (Orbignya phalerata Mart.)** 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, 2011.

BÔA NOVA, Antônio Carlos. **Energia e Classes Sociais no Brasil.** São Paulo: Edições Loyola, 1985.

Digitized by Google

BCB – Banco Central do Brasil. **Dólar americano: Cotação de fechamento do dólar no dia 14/06/2013, sexta-feira**. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar> Acesso em 17/06/2013.

BRASIL. **Decreto nº 5.298, de 6 de dezembro de 2004**. Disponível em: http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/decretos/2004/dec5297.htm

_____. **Lei nº. 11.097, de 13 de janeiro de 2005.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm> Acesso em 08/05/2013.

_____. **O Biodiesel e a inclusão social.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 24 p. (Série estudos científicos e tecnológicos; nº 1), 2003.

BRASIL, Pearson Education do. **Gestão Ambiental.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

BRANDT-WILLIAMS, Sherry e ODUM, Howard Thomas. Procedimento para avaliação de emergia agrícola: ilustrado com dados da produção de tomates na Flórida. departamento de Ciência da Engenharia Ambiental Universidade da Flórida, Gainesville. In ORTEGA, Enrique. **Engenharia ecológica e agricultura sustentável exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica.** Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2003.

BROWN, Mark T. et al., **Emergy Synthesis: An Introduction.** Proceedings of the First Biennial Emergy Analysis Research Conference. The center of environmental Policy. Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA. Pages 1-14

_____. **Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology.** University of Siena. Siena, Italy, December, 2000.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

BULHÕES, Miguel Guimarães de. **Babaçu, carnaúba e oiticica - uma tentativa de delimitação da ocorrência destas espécies,** IBGE. 1970.

Digitized by Google

CARGNIN, Adeliano; JUNQUEIRA, Nilton Tadeu Vilela; FOGAÇA, Cláudia Martellet. **Potencial da macaubeira como fonte de matéria--prima para produção de biodiesel.** Embrapa Cerrados Planaltina- DF, 2008.

CARRAZZA, Luis Roberto; D´ÁVILA, João Carlos Cruz. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do baru (dipteryx alata).** 2ª edição, Brasília – DF, 2010.

CARVALHO, Cecília Oliveira de et al., **Características físicas, químicas e rendimento do óleo de buriti (*Maurita flexuosa L..f.* – Arecaceae).** BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central - Vol. 03. Manaus, 2011.

CARVALHO, Joana D'Arc Vieira. **Dossiê técnico: cultivo de babaçu e extração do óleo**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, 2007.

CAVALETT, Otávio. **Análise do ciclo de vida da soja.** 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2008.

_____. **Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos e de pesque-pagues.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2004.

CAVALCANTI, Clóvis. **Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental.** Estudos avançados. Vol. 24 nº. 68. São Paulo: 2010.

_____. Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos de realização econômica. In: CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. Recife, Brasil: INPSO/ FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, 1994. p. 153-176.

CYMERYS, Margaret; FERNANDES, Nívia Maria de Paula; RIGAMONTE-AZEVEDO, Onofra Cleuza. Buriti (*Mauritia flexuosa L.f.*). In: SHANLEY, Patrícia. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica.** Belém: CIFOR, Imazon, 2005.

Digitized by Google

COELHO, Osmar; ORTEGA, Enrique; COMAR, Vito. Balanço de emergia do Brasil, com dados de 1996, 1989 e 1981. In ORTEGA, Enrique. **Engenharia ecológica e agricultura sustentável exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica.** Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2003.

COMAR, Mario Vito. **Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais a busca do Desenvolvimento Sustentável.** 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas--São Paulo, 1998.

COSTANZA Robert et al., **The value of the world's ecosystem services and natural capital.** Nature, vol 387, 1997.

DALY, Herman Edward. **A Steady-State Economy.** Sustainable Development Commission: UK, 2008.

_____. **Crescimento sustentável? Não, obrigado**. Ambiente & Sociedade – Vol. VII nº. 2 jul./dez. 2004.

_____. **Desenvolvimento sustentável: definições, princípios, políticas.** Cadernos de Estudos Sociais, v. 18, n. 2, jul./dez. 2002.

_____; FARLEY, Joshua. **Ecological economics: principles and applications.** Washington: Island Press, 2003.

DESER- Departamento de estudos socioeconômicos – DESER, Secretaria de agricultura familiar/ MDA (Convênio MDA 112/2006). **A cadeia produtiva do babaçu: estudo exploratório**. Curitiba: DESER, 2007.

DIAS, Herly Carlos Teixeira et al., **Cultivo da macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens**. Informe Agropecuário. v.32, nº 265, p. 52-60. Belo Horizonte, nov./dez. 2011.

EMBRAPA Agroenergia. **Visão estratégia do uso de palmáceas para bioenergia e estações de pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Parque estação biológica (PqEB), Brasilia-DF, s/d. disponível em: < http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664152/1/Visaoestrategica.pdf> Acesso em: 09/09/2013.

Digitized by Google

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. **Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa.** Departamento de Orientação e Apoio à Programação de Pesquisa. Brasília, 1984.

FARIAS, Teddy Marques. **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*acrocomia ssp*) para a produção de óleos.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais. BELO HORIZONTE, 2010.

FERREIRA, Ederlan de Souza, LUCIEN, Vitória Georgina; SILVEIRA, Catia da Silva. **Caracterização física do fruto, análise físico-química do óleo extraído do mesocarpo do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e inajá (*Maximiliana regia* Mart.)** II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Realização: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005a.

FERREIRA, Ederlan de Souza, LUCIEN, Vitória Georgina; SILVEIRA, Catia da Silva. **Estudo físico-químico do óleo fixo extraído da semente de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.)** II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Realização: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005b.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **The entropy law and the economic process in retrospect.** Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Berlin, 1987.

GIL, Antônio Carlos. **Técnicas de Pesquisa em Economia.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável**. Série sustentabilidade v. 4. São Paulo: Blucher, 2010.

HORTA NOGUEIRA, Luiz Augusto. Energia: conceitos e fundamentos. In: Marques, Milton César Silva; Haddad, Jamil; Martins, André Ramon Silva. Coord. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações.** 3ª ed. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2006. p. 13-41.

http://www.mfrural.com.br/imi.aspx?inte=1658308&pro=105696&email=fbonamigo@hotmail.com. Em 14/06/2013.

Digitized by Google

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**: escala 1:5.000.000. 2004. Disponível em: < http://mapas.ibge.gov.br/index.php>. Acesso em: 20/05/2013.

JUNIOR, Antonio de Sousa. **Substituição parcial do farelo de soja e milho por farelo de babaçu na terminação de ovinos.** 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animal) Universidade Federal do Piauí. Terezina, 2003.

KAMIYA, Daniel de Souza. **Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2005.

KLINK, Carlos Augusto; MOREIRA, Adriana Gonçalves. Past and current human occupation and land-use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R.J. (org.) **The Cerrado of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna.** New York, Columbia University Press, 2002, p. 69-88.

KNOTHE, Gerhad et al., **Manual de biodiesel**. São Paulo: Blucher, 2006.

LEIS, Héctor Ricardo; D'AMATO, José Luis. O ambientalismo como movimento vital: análise de suas Dimensões histórica, ética e vivencial. In: CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. Recife, Brasil: INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, 1994. p. 77-103. Disponível em: <http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf.>

LIMA, José Renato de Oliveira et al., **Biodiesel de babaçu (*orbignya* sp.) Obtido por via etanólica.** Departamento de Química, Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, Brasil, Quim. Nova, Vol. 30, nº. 3, 2007. p. 600-603.

LIMA, Paulo César Ribeiro. **O biodiesel e a inclusão social.** Câmara dos Deputados
Praça 3 Poderes Consultoria Legislativa Apêndice III–Brasília – DF, 2004.

LORENZI, Gisele Maria Amim Caldas et al., **Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira macaúba no estado de Minas Gerais.** Informe Agropecuário. v.32, nº 265, p. 7-13, Belo Horizonte, nov./dez. 2011..

Digitized by Google

MANFIO, Candida Elisa. **Análise genética no melhoramento da macaúba.** 52 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa Minas Gerais – Brasil, 2010.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011.** Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MARTA, José Manuel Carvalho. **Externalidades: uma resenha.** Revista de estudos sociais v.1 n.2 1999. Disponível em: < http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/issue/view/22/showToc>. Acesso em: 05/09/2013.

MDA-Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005.** Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2290882> 2005a. Acesso em 23/05/2013.

_____. **Lei n o 11.097, de 13 de janeiro de 2005.** Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2290882> 2005b. Acesso em 23/05/2013.

_____. **O biodiesel e sua contribuição ao desenvolvimento brasileiro**. FGV/Ubrabio, 2010. Disponível em: < http://www.bsbios.com/media/adminfiles/estudo_fgv_2010.pdf> Acesso em: 18/09/2013.

_____. **Portaria nº 60, de 06 de setembro de 2012**. Disponível em: < http://www.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2290882> 2012. Acesso em: 23/05/2013.

_____. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Inclusão Social e Desenvolvimento Territorial.** (2011) Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/arquivos-2011/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf.> Acesso em 08/11/2012.

MEADOWS, Donella H. et al., **The Limits to Growth**. New York: New American Library, 1972.

MEC - Ministério da Educação: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Biodiesel.** Brasília, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha_biodiesel.pdf> Acesso em 07/05/2013.

Digitized by Google

MELO, Patrícia Gontijo de. **"Produção e caracterização de biodieseis obtidos a partir da oleaginosa macaúba *(acrocomia aculeata)*".** 80 f. Dissertação (Mesrado em Química). Programa de Pós-graduação. Universidade Federal de Uberlândia – MG, 2012.

MELO, Patrícia Gontijo de et al., **Produção de biodiesel etílico e metílico a partir de macaúba.** IX Encontro Interno e XIII Seminário de Iniciação Científica. PIBIC-UFU, CNPq & FAPEMIG. Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

MENDONÇA, Jane Karina Silva. **Uso sustentável de espécies de palmeiras da APA da Baixada Maranhense para controle e recuperação de áreas degradadas por erosão**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2006.

MENDONÇA NETO, Ozimo et al., **A economia doméstica do babaçu no povoado Canto da Capoeira, Vargem Grande – MA.** Anais do XVI Encontro dos Geógrafos. Porto Alegre, 2010.

MIGUEL RUBÍ, José. **O longo braço da segunda lei.** Scientif american, 2008. Disponível em: http://wwwp.fc.unesp.br/~jhdsilva/f2_SciAm_2aLei.pdf.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Cerrado: plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas.** Brasília, 2011.

MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Promoção Nacional da Cadeia de Valor do Coco Babaçu**. Brasília-DF, 2009.

MOURA, Maria Clarisnete de Oliveira et al., **Estudo do óleo de duas palmeiras do gênero attalea no estado de Roraima.** Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2010.

NAE. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Cadernos NAE, nº2, Brasília: **Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República**, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.

NASCIMENTO, Ubiraci Silva. **Carvão de Babaçu como Fonte Térmica para Sistema de Refrigeração por Absorção no Estado do Maranhão.** 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica/Refrigeração e Condicionamento Ambiental) Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP- Campinas – São Paulo, 2004.

Digitized by Google

NUCCI, Stella Maris. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de macaúba.** 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Genética) - Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2007.

ODUM, Howard Thomas; ARDING Jan E. **Emergy analysis of shrimp mariculture in Ecuador.** Environmental Engineering Sciences and Center for Wetlands University of Florida. Gainesville, Fl, 32611. Coastal Resources Center. University of Rhode Island. Narragansett, RL. March, 1991.

_____; BROWN Mark T ; BRANDT-WILLIAMS, Sherry. Introduction and global budget, folio #1. ***In*: Handbook of emergy evaluation**. Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000.

_____. Emergy of global processes, folio #2. ***In*: Handbook of emergy evaluation. A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios.** Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000.

_____. Energy systems concepts and self-organization: a rebuttal. **Ecologia**. v. 104, nº 4, p. 518-522, 1995.

_____. **Environmental accounting, emergy and decision making.** New York: John Wiley, 1996. 370 p.

OLIVEIRA, Antônio Jorge de (Embrapa/SGE); RAMALHO, José (Mapa/AGE). (coord.). **Plano nacional de agroenergia 2006-2011** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

OLIVEIRA, Eron Sardinha de. **Gaseificação da macaúba.** 2088. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga-Bahia, 2008.

OLIVEIRA, Hugo Rivas de; ABREU, Yolanda Vieira de. Agricultura familiar, selo combustível social e leilões. In: ABREU, Yolanda Vieira de. **Biodiesel no Brasil em três hiatos: Selo combustível social, empresas e leilões. 2005 a 2012.** Palmas (TO)-Brasil – 2012.

Digitized by Google

OLIVEIRA, Maria Elisabeth Barros de et al., **Aspectos Agronômicos e de Qualidade do Pequi.** Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, 2008.

OMETTO, Aldo Roberto. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos edip, exergia e emergia**. 200 f. Tese (Doutorado em engenharia, hidráulica e saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

OMETTO, Aldo Roberto et al., **Mini-usinas de álcool integradas (muai) – avaliação emergética.** Universidade de São Paulo, escola de engenharia de São Carlos, departamento de hidráulica e saneamento, laboratório de termodinâmica, s/d. Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/search/google/MINl-USINAS Acesso em 12/04/2013.

ORTEGA, Enrique; BACIC, Miguel. **Uso da metodologia emergética na análise dos sistemas de produção e consumo.** VIII Encontro Soc. Bras. Economia Ecológica - ECOECO. Cuiabá, Mato Grosso, 2009.

_____. **Contabilidade e diagnóstico dos sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia.** Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2002. http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf. Acessado em 23/01/2013.

_____ et al., **Análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico.** Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v3 n3 set.-Dez. 2010.

_____. **Manual de cálculo de emergia.** Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. Campinas: FEA, Unicamp, 2002.

_____. **Modelos para simular cenários sociais de produção, consumo e reciclagem (sustentáveis ou não). A contribuição da visão sistêmica de Howard T. Odum.** UNICAMP, 2011.

_____; RIBEIRA, Elmar Coopa. **Símbolos usados nos diagramas de sistemas da metodologia emergética.** Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. Campinas: FEA, Unicamp, 2005.

_____; ZANGHETIN, Mileine. **Como funciona a natureza?** Laboratório de Engenharia Ecológica, UNICAMP, 2009.

Digitized by Google

NASCIMENTO, Rosilene Aparecida. **O óleo de algodão como fonte para o biodiesel-aspectos técnicos.** VI Congresso Brasileiro do Algodão. TECBIO –Tecnologias Bioenergéticas Ltda. Uberlândia, 2007.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza-Ceará, 2003. Disponível em: http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf

PEREIRA, Consuelo de Lima Fernandez. **Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. Estudo de caso: suco de laranja e etanol.** 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas--UNICAMP. Campinas-São Paulo, 2008.

PEREIRA, Nilson Roberto. **Estudos oleoquímicos e obtenção de ésteres metílicos e etílicos a partir do óleo do Dipteryx ala vog (baru).** 2010. f. 89. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2010.

PIMENTEL, Leonardo Duarte et al., **Coeficientes técnicos e custos de produção do cultivo da macaúba.** Informe Agropecuário. v.32, nº 265, p. 61-69. Belo Horizonte, nov./dez. 2011.

PINGUELLI ROSA, Luís. Visão integrada das fontes de energia. In: ROVERE, Emílio Lebre La; PINGUELLI ROSA, Luís; RODRIGUES, Adriano Pires. (Org.) **Economia & tecnologia da energia.** Rio de Janeiro: Editora, Marco Zero / Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, 1985, p. 14-38.

RIZZINI Carlos Toledo. **Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do brasil.** - Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 1963a.

_____. **Sobre a distinção e distribuição das duas espécies de babaçu (Orbignya)** -Revista Brasileira de Geografia- 25 (3): 313-327 -IBGE-CNG- Rio de Janeiro. 1963b.

ROHDE, Geraldo Mário. Mudanças de paradigma e desenvolvimento sustentado. In: CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. Recife, Brasil: INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, 1994. p. 41-53. Disponível em: http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf

Digitized by Google

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica**. Estudos avançados 26 (74), 2012.

_____. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Texto para discussão. IE/UNICAMP nº 102, set. 2001.
SACHS, Ignacy. **Barricadas de ontem, campos de futuro.** Estudos avançados 24 (68), 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n68/05.pdf> Acesso em 17/04/2013.

SANO, Edson Eyji et al., **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados.** Embrapa Cerrados Planaltina-DF, 2007.

SANO, Sueli Matiko; BRITO, Márcia Aparecida de; RIBEIRO, José Felipe. Baru. In: VIEIRA, Roberto Fontes et al., **Frutos nativos da região centro-oeste do Brasil.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF, 2006

SANTOS, Fábio Pádua dos; ARCENO, Elder Figueredo; PINTO FILHO, Luiz Couto Corrêa. **Desenvolvimento endógeno, projeto meu lugar e uma Nova ontologia social para pensar o local.** Revista Discente Expressões Geográficas. Florianópolis – SC, Nº04, maio/2008. p. 48-61.

SANTOS JÚNIOR, Jean Fernandes dos. et al., **Bocaiuva, macaúva, macaúba, bocajá: técnicas e dicas de aproveitamento**. Campo Grande, MS: ECOA, 2012.

SCHMITT, Djalma Eugênio, **Uso da análise emergética como ferramenta de avaliação ambiental em uma propriedade agroecológica.** 41 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis (SC): novembro, 2009.

SILVA, Carlos Cezar da. **A atribuição de custos em sistemas energéticos agropecuários: uma análise em emergia, termoeconomia e economia.** 156 f. Tese (Doutorado em energia) – Escola Politécnica/ Faculdade de Economia e Administração/ Instituto de Eletrotécnica e Energia/ Instituo de Física. Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 2009.

SILVA, Fábio Moreira, et al. Avaliação do desempenho do motor alimentado com duplo combustível-biodiesel e biogás. In., **ANAIS, Vol. I.** I congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos vegetais e biodiesel. I encontro técnico de plantas oleaginosas, óleos vegetais e biodiesel. I exposição de equipamentos, produtos e serviços relacionados produção de plantas oleaginosas, óleos vegetais e biodiesel. UFLA – Universidade Federal de Lavras. Prefeitura Municipal de Varginha – MG, 2004.

Digitized by Google

SILVA, José de Castro. **Macaúba: Fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial.** Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa - Minas Gerais, 2007.

SOARES, Thelma Shirlen et al., **Uso da biomassa florestal na geração de energia.** Revista científica eletrônica de engenharia florestal - ISSN 1678-3867 publicação científica da faculdade de agronomia e engenharia florestal de Garça/FAEF ano IV, número, 08, agosto de 2006.

SOUZA, Alexandre Monteiro. **Sustentabilidade e viabilidade econômica de um projeto de microdestilaria de álcool combustível em um grupo de agricultores do assentamento gleba xv de novembro.** 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas--São Paulo, 2010.

SOUZA, Carlos Alexandre de. **Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual.** An. 6. Enc. Energ. Meio Rural, 2006. Disponível em:
http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/I10.pdf. Acesso em 02/01/2014.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. **Caracterização energética do babaçu e análise do potencial de cogeração.** 2003. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas-SP, 2003.

TELES Héria de Freitas et al., **Ambientes de ocorrência natural de macaúba**. e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 4, p. 595-601, out./dez. 2011.

TOBASA Bioindustrial de Babaçu S/A. **Uma companhia ecológica.** Disponível em: http://www.tobasa.com.br/quem_somos.html. Acesso em: 13/10/2013

UBCM – Unidade de Beneficiamento do Coco Macaúba. UBCM - Associação comunitária dos pequenos produtores rurais de Riacho D'antas e adjacências – ACPPRRDA/UBCM [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fbonamigo@hotmail.com> em 25 de junho de 2013.

VASCONCELOS, Pericles. **Jodiesel Caminhões.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fbonamigo@hotmail.com> em 11/06/2013.

Digitized by Google

VECCHIA, Rodnei. **O meio ambiente e as energias renováveis: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável.** São Paulo: Manole, 2010.

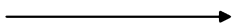
VIANA, Maria Celuta Machado et al., **Cultivo de macaúba em sistemas agrossilvipastoris.** Informe Agropecuário. v.32, nº 265, p. 70-80, Belo Horizonte, nov./dez. 2011.

VIEIRA, Maurício Coelho. **Simpósio Sobre o Cerrado.** Revista Brasileira de Geografia, ano XXV, nº 3, julho-setembro, 1963.

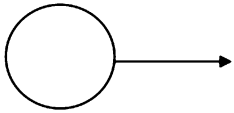
WISNIEWSKI, Alfonso; MELO, Célio Francisco Marques de. **Babaçu e a crise energética.** EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido: Belém-Pará, 1981.

Digitized by Google

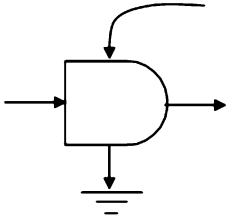
APÊNDICE 1: SÍMBOLOS UTILIZADOS NOS DIAGRAMAS ECOSSISTÊMICOS



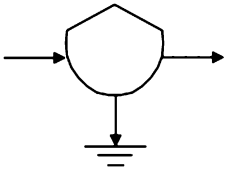
Fluxo de Energia: Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à necessidade da fonte que o produz.



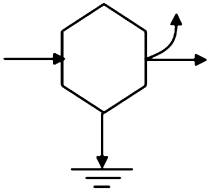
Fonte: Um recurso externo que fornece energia de acordo com um programa controlado externamente (função força).



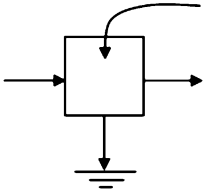
Produtor: Unidade que coleta e transforma energia de baixa qualidade (baixa intensidade) sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.



Depósito: Uma reserva energética dentro do sistema, que guarda uma quantidade de energia de acordo com o balanço de entrada e saída (variáveis de estado).

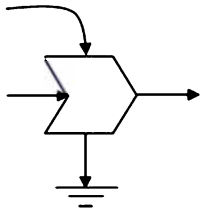


Consumidor: Unidade que transforma a qualidade da energia armazena e retroalimenta energia à etapa anterior (sistema auto catalítico) para melhorar o fluxo de energia que recebe.

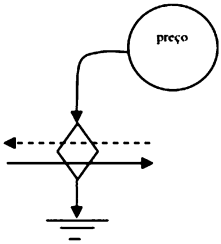


Caixa: Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior, representando assim, um subsistema.

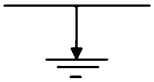
Digitized by Google



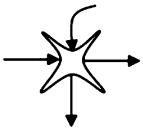
Interação: Intersecção interativa de dois fluxos para produzir uma saída em proporção a uma função de ambos ou controle de ação de um fluxo sobre outro.



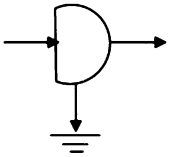
Transação: Uma unidade que indica a venda de bens ou serviços (linha contínua) em troca de um pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado na figura como fonte de energia externa.



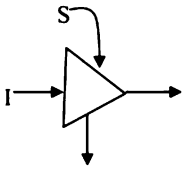
Sumidouro de energia: Dispersão de energia potencial empregada no sistema. A energia potencial é utilizada para produzir trabalho e o custo dessa transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa intensidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispensam energia.



Interruptor: Um sistema de acionamento ou corte de um fluxo de emergia de acordo com a ação de uma ou mais energias de controle.



Receptor de energia autolimitante: uma unidade que tem uma saída autolimitada mesmo que as forças externas sejam altas porque existe um circuito intenso de energia que é controlado pela presença limitada de um material de alta qualidade.



Amplificador de ganho constante: uma unidade que fornece uma saída em proporção a uma entrada de energia I, mas que pode ser modificada por um fator constante contanto que a fonte de energia S seja capaz de fornecer energia.

Fonte: Adaptado de Brandt-Williams e Odum: In Ortega (2003).

Digitized by Google

APÊNDICE 2: MEMÓRIA DE CÁLCULOS TABELA 5.1

Memória de cálculos da tabela 5.1 avaliação emergética do babaçu

3	Sol	**Aplicação da equação (4.1)** $Fens = em\ x\ fp\ x\ ha\ x\ Jh$ Fens = 5 x 0,8 x 10000 x 3600000 **Fens = 1,44x10^{11} J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.2) $R_S = Fens\ x\ Trs\ x\ frs$ R_S = 1,44x10^{11} x 1 x 100% **R_S = 1,44x10^{11} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.3) $N_S = Fens\ x\ Trs\ x\ fnrs$ N_S = 1,44x10^{11} x 1 x 0,0% **N_S = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.4) $R_1 = R_S + N_S$ R_1 = 1,44x10^{11} + 0,0 **R_1 = 1,44x10^{11} sej/ha/ano**
4	Chuva	**Aplicação da equação (4.5)** $Fenc = qc\ x\ eágua\ x\ dágua\ x\ ha$ Fenc = 1,40 x 5000 x1000 x 10000 **Fenc = 7,00x10^{10} J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.6) $R_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ frc$ R_c = 7,00x10^{10} x 3,10x10^{4} x 100% **R_c = 2,17x10^{15} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.7) $N_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ fnrc$ N_c = 7,00x10^{10} x 3,10x10^{4} x 0,0% **N_c = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.8) $R_2 = R_c + N_c$ R_2 = 2,17x10^{15} + 0,0 **R_2 = 2,17x10^{15} sej/ha/ano**

Digitized by Google

5	Vento	**Aplicação da equação (4.9)** $Fenv = dar\ x\ vg^3\ x\ cav\ x\ ha\ x\ sa$ Fenv = 1,3 x 2,82^3 x 0,001 x 10000 x 31.536.000 **Fenv = 9,19x10^9 J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.10) $R_v = Fenv\ x\ Trv\ x\ frv$ R_v = 9,19x10^9 x 2,45x10^3 x 100% **R_v = 2,25x10^{13} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.11) $N_v = Fenv\ x\ Trv\ x\ fnrv$ N_v = 9,19x10^9 x 2,45x10^3 x 0,0% **N_v = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.12) $R_3 = R_v + N_v$ R_3 = 2,25x10^{13} + 0,0 **R_3 = 2,25x10^{13} sej/ha/ano**

6	Total renováveis	**Aplicação da equação (4.13)** $R = R_S + R_C + R_V$ R = 1,44x10^{11} + 2,17x10^{15} + 2,25x10^{13} **R = 2,19x10^{15} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.14) $\%r = \frac{R\ x\ c}{Y}$ $\%r = \frac{2,19\ x\ 10^{15}\ x\ 100}{2,68\ x\ 10^{16}}$ **%r = 8,17**

Digitized by Google

7	Perda do solo	**Aplicação da equação (4.15)** $Feno = ps\ x\ mos\ x\ emo\ x\ Jk$ Feno = 1.110 x 0,04 x 5.400 x 4.186 **Feno = 1,00 x10^{9} J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.16) $R_O = Feno\ x\ Tro\ x\ fro$ R_o = 1,00x10^{9} x 1,24x10^{5} x 0,0% Er = **0,00 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.17) $N_O = Feno\ x\ Tro\ x\ fnro$ N_o = 1,00x10^{9} x 1,24x10^{5} x 100,0% N_o = **1,24x10^{14} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.18) $N = R_O + N_O$ N = 0,0 + 1,24x10^{14} **N = 1,24x10^{14} sej/ha/ano**

8	Total não renováveis	**Aplicação da equação (4.19)** $\%nr = \frac{N\ x\ c}{Y}$ $\%nr = \frac{1,24\ x\ 10^{14}\ x\ 100}{2,68\ x\ 10^{16}}$ **%r = 0,46**

Digitized by Google

9	Diesel	**Aplicação da equação (4.20)** $Cd = \left(\frac{p}{cc}\right) x \left(\frac{kv}{kl}\right)$ $Cd = \left(\frac{25000}{8345}\right) x \left(\frac{100}{4}\right)$ **Cd = 74,90 litros de diesel**
		Aplicação da equação (4.21) $Fend = kL\ x\ Cd\ x\ kJk\ x\ c$ Fend = 0,8186 x 74,90 x 42.500 x 1.000 **Fend = $2{,}61 x 10^9$ J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.22) $M_R = Fend\ x\ Trd\ x\ frd$ $M_R = 2{,}61x10^9 \times 1{,}11x10^5 \times 0{,}05$ **$M_R = 1{,}45x10^{13}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.23) $M_N = Fend\ x\ Trd\ x\ fnrd$ $M_N = 2{,}61x10^9 \times 1{,}11x10^5 \times 0{,}95$ **$M_N = 2{,}75x10^{14}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.24) $M = M_R + M_N$ $M = 1{,}45x10^{13} + 2{,}75x10^{14}$ **$M = 2{,}90x10^{14}$ sej/ha/ano**

10	Total materiais	**Aplicação da equação (4.25)** $\%tm = \frac{M\ x\ c}{Y}$ $\%tm = \frac{2{,}90 \times 10^{14} \times 100}{2{,}68 \times 10^{16}}$ **% tm = 1,08**

Digitized by Google

11	Mão de obra	**Aplicação da equação (4.26)** $Fendm = \left(\frac{p}{kc}\right) x\ ka\ x\ Jk$ $Fenm = \left(\frac{25000}{200}\right) x\ 2500\ x\ 4186$ Fenm = **$1{,}31x10^9$ J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.27) $S_R = Fenm\ x\ Trm\ x\ frm$ $S_R = 1{,}31x10^9\ x\ 1{,}85x10^7\ x\ 90\%$ **$S_R = 2{,}18x10^{16}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.28) $S_N = Fenm\ x\ Trm\ x\ fnrm$ $S_N = 1{,}31x10^9\ x\ 1{,}85x10^7\ x\ 10\%$ **$S_N = 2{,}42x10^{15}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.29) $S = S_R + S_N$ $S = 2{,}18x10^{16} + 2{,}42x10^{15}$ **$S = 2{,}42x10^{16}$ sej/ha/ano**

12	Toal serviços	**Aplicação da equação (4.30)** $\%ts = \frac{S\ x\ c}{Y}$ $\%nr = \frac{2{,}42\ x\ 10^{16}\ x\ 100}{2{,}68\ x\ 10^{16}}$ **%tm = 90,29**

13	Emergia total	**Aplicação da equação (4.31)** $Y = R + N + M + S$ $Y = 2{,}19x10^{15} + 1{,}24x10^{14} + 2{,}90x10^{14} + 2{,}42x10^{16}$ **$Y = 2{,}68x10^{16}$ sej/ha/ano**

Digitized by Google

APÊNDICE 3: MEMÓRIA DE CÁLCULOS TABELA 5.2

Memória de cálculos da tabela 5.1 avaliação emergética da macaúba

3	Sol	**Aplicação da equação (4.1)** $Fens = em\ x\ fp\ x\ ha\ x\ Jh$ Fens = 5 x 0,8 x 10000 x 3600000 **Fens = 1,44x10^{11} J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.2) $R_S = Fens\ x\ Trs\ x\ frs$ R_S = 1,44x10^{11} x 1 x 100% **R_S = 1,44x10^{11} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.3) $N_S = Fens\ x\ Trs\ x\ fnrs$ N_S = 1,44x10^{11} x 1 x 0,0% **N_S = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.4) $R_1 = R_S + N_S$ R_1 = 1,44x10^{11} + 0,0 **R_1 = 1,44x10^{11} sej/ha/ano**
4	Chuva	**Aplicação da equação (4.5)** $Fenc = qc\ x\ eágua\ x\ dágua\ x\ ha$ Fenc = 1,40 x 5000 x1000 x 10000 **Fenc = 7,00x10^{10} J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.6) $R_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ frc$ R_c = 7,00x10^{10} x 3,10x10^{4} x 100% **R_c = 2,17x10^{15} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.7) $N_c = Fenc\ x\ Trc\ x\ fnrc$ N_c = 7,00x10^{10} x 3,10x10^{4} x 0,0% **N_c = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.8) $R_2 = R_c + N_c$ R_2 = 2,17x10^{15} + 0,0 **R_2 = 2,17x10^{15} sej/ha/ano**

Digitized by Google

5	Vento	**Aplicação da equação (4.9)** $Fenv = dar\ x\ vg^3\ x\ cav\ x\ ha\ x\ sa$ Fenv = 1,3 x 2,82^3 x 0,001 x 10000 x 31.536.000 **Fenv = 9,19x10^9 J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.10) $R_v = Fenv\ x\ Trv\ x\ frv$ R_v = 9,19x10^9 x 2,45x10^3 x 100% **R_v = 2,25x10^{13} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.11) $N_v = Fenv\ x\ Trv\ x\ fnrv$ N_v = 9,19x10^9 x 2,45x10^3 x 0,0% **N_v = 0,0 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.12) $R_3 = R_v + N_v$ R_3 = 2,25x10^{13} + 0,0 **R_3 = 2,25x10^{13} sej/ha/ano**

6	Total renováveis	**Aplicação da equação (4.13)** $R = R_S + R_C + R_V$ R = 1,44x10^{11} + 2,17x10^{15} + 2,25x10^{13} **R = 2,19x10^{15} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.14) $\%r = \frac{R\ x\ c}{Y}$ $\%r = \frac{2{,}19\ x\ 10^{15}\ x\ 100}{2{,}68\ x\ 10^{16}}$ **%r = 8,17**

Digitized by Google

7	Perda do solo	**Aplicação da equação (4.15)** $Feno = ps\ x\ mos\ x\ emo\ x\ Jk$ Feno = 1.110 x 0,04 x 5.400 x 4.186 **Feno = 1,00 x10^9 J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.16) $R_O = Feno\ x\ Tro\ x\ fro$ R_o = 1,00x10^9 x 1,24x10^5 x 0,0% Er = **0,00 sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.17) $N_O = Feno\ x\ Tro\ x\ fnro$ N_o = 1,00x10^9 x 1,24x10^5 x 100,0% N_o = **1,24x10^{14} sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.18) $N = R_O + N_O$ N = 0,0 + 1,24x10^{14} **N = 1,24x10^{14} sej/ha/ano**

8	Total não renováveis	**Aplicação da equação (4.19)** $\%nr = \frac{N\ x\ c}{Y}$ $\%nr = \frac{1,24\ x\ 10^{14}\ x\ 100}{2,68\ x\ 10^{16}}$ **%r = 0,46**

Digitized by Google

9	Diesel	**Aplicação da equação (4.20)** $Cd = \left(\frac{p}{cc}\right) x \left(\frac{kv}{kl}\right)$ $Cd = \left(\frac{25000}{8345}\right) x \left(\frac{100}{4}\right)$ **Cd = 74,90 litros de diesel**
		Aplicação da equação (4.21) $Fend = kL\ x\ Cd\ x\ kJk\ x\ c$ Fend = 0,8186 x 74,90 x 42.500 x 1.000 **Fend = $2,61x10^9$ J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.22) $M_R = Fend\ x\ Trd\ x\ frd$ $M_R = 2,61x10^9 \times 1,11x10^5 \times 0,05$ **$M_R = 1,45x10^{13}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.23) $M_N = Fend\ x\ Trd\ x\ fnrd$ $M_N = 2,61x10^9 \times 1,11x10^5 \times 0,95$ **$M_N = 2,75x10^{14}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.24) $M = M_R + M_N$ $M = 1,45x10^{13} + 2,75x10^{14}$ **$M = 2,90x10^{14}$ sej/ha/ano**

10	Total materiais	**Aplicação da equação (4.25)** $\%tm = \frac{M\ x\ c}{Y}$ $\%tm = \frac{2,90 \times 10^{14} \times 100}{2,68 \times 10^{16}}$ **% tm = 1,08**

Digitized by Google

11	Mão de obra	**Aplicação da equação (4.26)** $Fendm = \left(\frac{p}{kc}\right) x\ ka\ x\ Jk$ $Fenm = \left(\frac{25000}{200}\right) x\ 2500\ x\ 4186$ Fenm = **$1{,}31x10^9$ J/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.27) $S_R = Fenm\ x\ Trm\ x\ frm$ $S_R = 1{,}31x10^9\ x\ 1{,}85x10^7\ x\ 90\%$ **$S_R = 2{,}18x10^{16}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.28) $S_N = Fenm\ x\ Trm\ x\ fnrm$ $S_N = 1{,}31x10^9\ x\ 1{,}85x10^7\ x\ 10\%$ **$S_N = 2{,}42x10^{15}$ sej/ha/ano**
		Aplicação da equação (4.29) $S = S_R + S_N$ $S = 2{,}18x10^{16} + 2{,}42x10^{15}$ **$S = 2{,}42x10^{16}$ sej/ha/ano**

12	Toal serviços	**Aplicação da equação (4.30)** $\%ts = \frac{S\ x\ c}{Y}$ $\%nr = \frac{2{,}42\ x\ 10^{16}\ x\ 100}{2{,}68\ x\ 10^{16}}$ %tm = **90,29**

13	Emergia total	**Aplicação da equação (4.31)** $Y = R + N + M + S$ $Y = 2{,}19x10^{15} + 1{,}24x10^{14} + 2{,}90x10^{14} + 2{,}42x10^{16}$ **$Y = 2{,}68x10^{16}$ sej/ha/ano**

Digitized by Google

APÊNDICE 4: MEMÓRIA DE CÁLCULOS TABELA 5.5

Cálculo da energia do produto, coco babaçu.

Energia do produto	**Equação (4.32)** $ep = kJkf\ x\ p\ x\ c$ ep = 18.036 x 17.600 x 1.000 **ep = 3,17x10^{11} J**

Cálculos dos índices emergéticos da produção extrativista do coco babaçu

Renovabilidade emergética	**Aplicação da equação (4.33)** $\%R = c\ x\ (\frac{R + M_R + S_R}{Y})$ $\%R = 100\ x \left(\frac{2{,}19\ x\ 10^{15} + 1{,}02\ x\ 10^{13} + 8{,}18\ x\ 10^{15}}{1{,}16\ x\ 10^{16}}\right)$ **%R = 89,48%**

Rendimento emergético	**Aplicação da equação (4.34)** $EYR = \frac{Y}{M_N + S_N}$ $EYR = \frac{1{,}16\ x\ 10^{16}}{1{,}93\ x\ 10^{14} + 9{,}08\ x\ 10^{14}}$ **EYR = 10,54**

Investimento emergético	**Aplicação da equação (4.35)** $EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N}$ $EIR = \frac{1{,}93\ x\ 10^{14} + 9{,}08\ x\ 10^{14}}{2{,}19\ x\ 10^{15} + 1{,}02\ x\ 10^{13} + 8{,}18\ x\ 10^{15} + 1{,}24\ x\ 10^{14}}$ **EIR = 0,10**

Carga ambiental	**Aplicação da equação (4.36)** $ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R}$ $ELR = \frac{1{,}24\ x\ 10^{14} + 1{,}93\ x\ 10^{14} + 9{,}08\ x\ 10^{14}}{2{,}19\ x\ 10^{15} + 1{,}02\ x\ 10^{13} + 8{,}18\ x\ 10^{15}}$ **ELR = 0,12**

Digitized by Google

Transformidade	**Aplicação da equação (4.37)** $Tr = \frac{Y}{ep}$ $\text{Tr} = \frac{1{,}16 \text{ x } 10^{16}}{3{,}17 \text{ x } 10^{11}}$ **Tr = 36.593 SeJ.J^{-1}**

Taxa de intercâmbio	**Aplicação da equação (4.38)** $EER = \frac{Y}{p \text{ x } US\$ \text{ x } sej.US\$}$ $\text{EER} = \frac{1{,}16 \text{ x } 10^{16}}{17600 \text{ x } 0{,}12 \text{ x } 3{,}7 \text{ x } 10^{12}}$ **EER = 1,48**

Sustentabilidade	**Aplicação da equação (4.39)** $ESI = \frac{EYR}{ELR}$ $\text{ESI} = \frac{10{,}54}{0{,}12}$ **ESI = 87,83**

Digitized by Google

APÊNDICE 5: MEMÓRIA DE CÁLCULOS TABELA 5.6

Cálculo da energia do produto, coco macaúba.

Energia do produto	**Equação (4.32)** $ep = kJkf \ x \ p \ x \ c$ ep = 20.243,74 x 25.000 x 1.000 **ep = 5,06x10^{11} J**

Cálculos dos índices emergéticos da produção extrativista do coco macaúba

Renovabilidade emergética	**Aplicação da equação (4.33)** $\%R = c \ x \ (\frac{R + M_R + S_R}{Y})$ $\%R = 100 \ x \left(\frac{2{,}19 \ x \ 10^{15} + 1{,}45 \ x \ 10^{13} + 2{,}18 \ x \ 10^{16}}{2{,}68 \ x \ 10^{16}}\right)$ **%R = 89,57%**

Rendimento emergético	**Aplicação da equação (4.34)** $EYR = \frac{Y}{M_N + S_N}$ $EYR = \frac{2{,}68 \ x \ 10^{16}}{2{,}75 \ x \ 10^{14} + 2{,}42 \ x \ 10^{15}}$ **EYR = 9,94**

Investimento emergético	**Aplicação da equação (4.35)** $EIR = \frac{M_N + S_N}{R + M_R + S_R + N}$ $EIR = \frac{2{,}75 \ x \ 10^{14} + 2{,}42 \ x \ 10^{15}}{2{,}19 \ x \ 10^{15} + 1{,}45 \ x \ 10^{13} + 2{,}18 \ x \ 10^{16} + 1{,}24 \ x \ 10^{14}}$ **EIR = 0,11**

Carga ambiental	**Aplicação da equação (4.36)** $ELR = \frac{N + M_N + S_N}{R + M_R + S_R}$ $ELR = \frac{1{,}24 \ x \ 10^{14} + 2{,}75 \ x \ 10^{14} + 2{,}42 \ x \ 10^{15}}{2{,}19 \ x \ 10^{15} + 1{,}45 \ x \ 10^{13} + 2{,}18 \ x \ 10^{16}}$ **ELR = 0,12**

Digitized by Google

Transformidade	**Aplicação da equação (4.37)** $Tr = \frac{Y}{ep}$ $Tr = \frac{2{,}68 \times 10^{16}}{5{,}06 \times 10^{11}}$ **Tr = 52.964 SeJ.J^{-1}**

Taxa de intercâmbio	**Aplicação da equação (4.38)** $EER = \frac{Y}{p \times US\$ \times seJ.US\$}$ $EER = \frac{2{,}68 \times 10^{16}}{25000 \times 0{,}09 \times 3{,}7 \times 10^{12}}$ **EER = 3,22**

Sustentabilidade	**Aplicação da equação (4.39)** $ESI = \frac{EYR}{ELR}$ $ESI = \frac{9{,}94}{0{,}12}$ **ESI = 82,83**

Digitized by Google

www.lifeeditora.com.br

Adquira mais livros agora mesmo em nosso site.

Esta obra foi composta em Electra
em novembro de 2020.

Digitized by Google

Este livro utiliza a análise emergética para avaliação da potencialidade do sistema de produção extrativista do coco de babaçu e do coco de macaúba, visando à produção de biodiesel. Com o objetivo de avaliar o sistema quanto a sua sustentabilidade ambiental, econômica e social com o menor impacto negativo possível, nesta dissertação, foram produzidos diagramas e índices emergéticos da produção extrativista do coco babaçu e do coco de macaúba, tendo como base a área de um hectare para o cerrado brasileiro. Os diagramas emergéticos evidenciam que as palmeiras babaçu e macaúba fornecem benefícios econômicos e ambientais como: regulação da temperatura ambiente; infiltração e percolação da água no solo; impede a erosão do solo; promove a evaporação da água; fotossíntese, absorvendo CO_2 e gerando ar oxigenado; produção de biomassa e de matéria orgânica; produção de biodiesel e etanol e produtos artesanais. Os índices emergéticos calculados para o Babaçu e para a Macaúba foram: emergia total (Y); transformidade (Tr); taxa de rendimento emergético (EYR); renovabilidade (%R); taxa de investimento emergético (EIR); carga ambiental (ELR); índice de sustentabilidade emergética (ESI); e taxa de intercâmbio emergético (EER). Concluiu-se após os cálculos dos índices emergéticos que o babaçu e a macaúba têm um balanço emergético positivo para o uso econômico e social de modo equilibrado. Dos resultados finais obtidos para a produção extrativista de babaçu e macaúba, destaca-se o índice de transformidade que mostra o babaçu mais eficiente na transformação de energia e mais ecologicamente adaptado e, o índice de sustentabilidade que mostra para ambos os frutos um sistema sustentável, principalmente no longo prazo.

Esse estudo foi defendido como dissertação no Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins em 2014. Os autores fizeram pequenas modificações ao transformar em livro

LIFE EDITORA

ISBN 978-85-8150-524-4

Digitized by Google