



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Mestrado - Doutorado

ESTUDO DE COPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

por

Helen Ramalho de Farias Pinto

Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba,
para obtenção do grau de Doutor

HELEN RAMALHO DE FARIAS PINTO

ESTUDO DE COPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento as exigências para obtenção do grau de Doutor.

Área de concentração: Termofluidos

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Antônio Cabral dos Santos

P659e Pinto, Helen Ramalho de Farias.
Estudo de Coprodutos da produção de biocombustível /
Helen Ramalho de Farias Pinto – João Pessoa, 2014. 192 f., il.

Orientador: Carlos Antônio Cabral dos Santos
Tese (Doutorado) – UFPB/CT
1. Biocombustíveis – coprodução – viabilidade técnica.
2. Biomassa. 3. Fonte de energia renovável. 4. Biodiesel

UFPB/BC

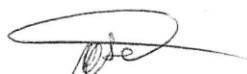
CDU620.92(043)

ESTUDO DE COPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

por

Helen Ramalho de Farias Pinto

Tese aprovada em 02 de setembro de 2014



Prof. Dr. CARLOS ANTONIO CABRAL DOS SANTOS
Orientador



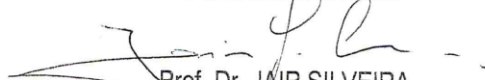
Prof. Dr. ABEL CAVALCANTE LIMA FILHO
Examinador Interno



Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO BELO
Examinador Interno



Profa. Dra. MARTA MARIA DA CONCEIÇÃO
Examinadora Externa



Prof. Dr. JAIR SILVEIRA
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho inicialmente aos meus pais e minha filha, respectivamente, *Trajano Ramalho de Farias Leite (in memoriam)*, *Helen Ramalho de Farias Leite e Helen Karla Ramalho de Farias Pinto*, pela paciência, compreensão e apoio intelectual, durante o período de construção deste trabalho. E, ao servidor *João de Deus Nunes Neto (in memoriam)* – competente funcionário, lotado no Laboratório de Energia Solar (LES) da UFPB – Campus I, que sem o seu apoio não teria conseguido obter o Título de doutor em Engenharia Mecânica, no Centro de Tecnologia (CT), da Universidade Federal da Paraíba. João de Deus como gostava de ser chamado, não possuía título na Academia, mas foi abençoado por DEUS desde o seu nascimento, pois era reconhecido pelos alunos e por alguns professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica desta Instituição de Ensino Superior como “doutor”, pelo seu excelente desempenho profissional na oficina mecânica do “prédio da casa da bomba” do Laboratório de Energia Solar (LES).

AGRADECIMENTOS

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM do Centro de Tecnologia (CT), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB, Campus I), na pessoa do Coordenador, Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro, pela excelente administração, dedicação ao trabalho e urbanidade.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Diretoria - Geral (DIPLAN/CENTRE), em Brasília – DF e a Superintendência Estadual do IBAMA na Paraíba, na pessoa do Superintendente Ms. Bruno Faro Eloy Dunda, pela homologação da minha liberação para participar como discente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM/CT/UFPB, Campus I.

Ao Centro de Ciências da Saúde e ao Departamento de Nutrição, da Universidade Federal da Paraíba, nas chefias respectivas das professoras Dra. Margareth de Fátima Melo Diniz e Dra. Maria Conceição Rodrigues Gonçalves, extensivos aos demais docentes deste Departamento pelos incentivos.

Ao orientador deste trabalho prof. Dr. Carlos Antônio Cabral dos Santos, homem de fé e de coração aberto, pela imensa competência, discussões e colaboração científica.

Aos profs. Dr. Jair Silveira, Dr. Francisco Antônio Belo e Dr. Abel Cavalcante, pela determinação e clareza nas suas orientações acadêmicas e profissionais.

A EMBRAPA/Patos/PB, pelo fornecimento das sementes de algodão herbáceo (matéria prima) dos ensaios. A Marcos Roberto Cavalcante e Suelene Alves Marinho Cavalcante servidores do Ibama/PB, pela liberação da fazenda e dos bovinos mestiços usados nos ensaios de desempenho animal.

Ao Laboratório de Energia Solar (LES) nas pessoas de Dr. Zaqueu E. da Silva (coordenador) e dos técnicos DiógenesSilva, João de Deus Nunes Neto, Terezinha A. de Barros e Sérgio Marques pelos serviços prestados nesta pesquisa. E, ao senhor Hernandez (prestador de serviço) o “solda” pela revitalização do túnel de secagem. Aos amigos Wilton, Suerda, Juanice, Joselma, Felipe, Michaela e “Shackovisk” da pós-graduação em Engenharia Mecânica, que compartilharam dos conhecimentos científicos absorvidos neste Programa, onde aprendi a admirá-los e aos servidores Sra. Mônica Rodrigues e ao Sr. Noaldo Soares (PPGEM) e a Iolanda Fonseca (RECOGÁS/IES/LES), pela dedicação ao trabalho e zelo pelo patrimônio público.

Aos funcionários dos Laboratórios de Combustíveis e Materiais (LACOM), em especial a técnica Lúcia Carvalho e a doutoranda Líbia Nayane (Lab.TG/CCEN); a profa. Dra.. Helenice Holanda (LTA/CT), a técnica Dra. Elieyde (Lab. Bromatologia/CCS/DN) e ao prof. Dr. Severino Gonzaga Neto (Lab. bovino/CCA/Areia-PB) da Universidade Federal da Paraíba, pelas aplicações realizadas com as amostras dos coprodutos deste estudo.

Aos professores do Centro de Tecnologia/UFPB Dr. Emerson Freitas Jaguaribe (Lab. Carvão Ativado) e Dr. Vital de Souza Queiroz (Lab. Fermentação), pelas parcerias formalizadas e liberação de alguns instrumentos mecânicos empregados nesta pesquisa.

A AdufPB na pessoa do Presidente Dr. Jaldes Menezes pelo incentivo e apoio técnico que muito serviram para reprodução deste trabalho.

“Sobe-se um degrau. Tudo bem. Está mais alto. Enxerga mais longe. Olha e verifica que diante de si, há um degrau. É o segundo, mas isso não importa – é um só. É muito fácil, sobe um degrau...”

(Gil Xavier Lacerda)

ESTUDO DE COPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

RESUMO

A biomassa tem atraído muita atenção por se tratar de uma fonte de energia renovável. Sementes de algodão e mandioca (raspa) foram submetidas à secagem em túnel convectivo para desidratar e atingir umidade em torno de 11%. O emprego de semente de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e da mandioca para a produção de biocombustível (biodiesel e etanol) se apresenta como uma alternativa promissora em virtude da produção de seus frutos serem de cultivos perenes e pelo potencial de coprodutos disponíveis. O estudo foi realizado para avaliar a viabilidade técnica das combinações dos coprodutos das produções destes biocombustíveis para a obtenção sustentável de insumo alimentar animal. O biodiesel é um combustível limpo, pois é biodegradável, não é tóxico e reduz as emissões de poluentes atmosféricos. O conteúdo de óleo da semente de algodão usado na obtenção do biodiesel atinge em média 25% de rendimento. Os teores médios de óleo de algodão encontrados nos ensaios aplicando semente de algodão herbáceo foi 23%, no caroço deslintado 37% e na torta de algodão 12%. As propriedades físico-químicas do óleo de algodão apresentaram os seus índices dentro dos padrões técnicos recomendados, os quais foram índice de Acidez em ácido oléico 0,17 mg NaOH/g, índice de Peróxido 10 meq/kg de óleo e Iodo 103 g/100 g. Os resultados dos testes bromatológicos da torta proveniente da extração do óleo de algodão atingiram os padrões analíticos com carboidratos 50%, proteína bruta 24%, matéria mineral 4% e extrato etéreo 12%. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é largamente cultivada para alimentação animal no território brasileiro. O coproduto da raiz de mandioca possui baixo teor de óleo (média 1,3%) e elevado conteúdo de carboidrato (média 75%). Neste experimento, quando da incorporação dos coprodutos nos ensaios, certos aspectos foram considerados para as formulações de misturas alimentícias calculadas para animal doméstico, sendo os principais: a composição química dos alimentos (coprodutos), as exigências nutricionais de cada categoria de animal e os efeitos antinutricionais do gossípol e do ácido cianídrico, respectivamente, presentes no algodão e na mandioca brava. Os resultados bromatológicos dos coprodutos, aliados as exigências nutricionais de cada animal, entraram nos cálculos da composição da mistura alimentícia elaborada. As energias metabolizáveis e digestivas dos alimentos foram aferidas, para suprir as necessidades nutricionais dos animais das categorias: ave, bovino (bezerro, novilho e matriz em lactação), caprino, ovino e suíno. A mistura elaborada nº4 foi escolhida para nutrir bovinos (matrizes em lactação) durante um período de 90 dias. Os animais do ensaio foram seis vacas mestiças leiteiras, com peso entre 400 e 500 kg/cabeça/peso vivo. A proporção aplicada de volumoso:concentrado da composição alimentar foi mantida no nível de 63:37, com 20% de proteína bruta. Na avaliação nutricional dos animais se obteve um aumento de vinte por cento na produção de leite e melhorias nos desempenhos físicos das carcaças dos animais e de suas crias.

Palavras-Chave: 1. Algodão 2. Mandioca 3. Torta 4. Farelo 5. Alimento animal

COPRODUCTS STUDY OF BIOFUEL PRODUCTION

ABSTRACT

The biomass has attracted much attention because it is a renewable source of energy. Cotton seed and cassava (shaving) were dried in convective tunnel to dehydrate and achieve humidity around 11%. The use of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and cassava for biofuel production (biodiesel and ethanol) is presented as a promising alternative due to the production of its fruits being perennial crops and the potential coproducts available. The study was conducted to evaluate the technical feasibility of combinations of coproducts of the production of these biofuels for sustainable sourcing of feed input. Biodiesel is a clean fuel because it is biodegradable, non-toxic and reduces emissions of air pollutants. The oil content of cotton seed used in obtaining biodiesel reaches an average of 25% yield. The average levels of cottonseed oil found in tests applying herbaceous cotton seed was 23% in the core deslintado 37% and 12% cottonseed meal. The physico-chemical properties of cottonseed oil made their indices within the recommended technical standards, which were acid value in oleic acid 0.17 mgNaOH/g, peroxide index 10 meq/kg oil and iodine 103 g/100g. The results of the tests bromatologicals pie from the extraction of cottonseed oil reached analytical standards with 50% carbohydrates, 24% crude protein, ash 4% and 12% lipids. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is widely grown for animal feed in Brazil. The coproduct of cassava root has a low oil content (average 1.3%) and high carbohydrate content (average 75%). In this experiment, when the merger of coproducts in the tests, certain aspects were considered for the formulations edible mixtures calculated for animal, the main being the chemical composition of foods (coproducts), the nutritional requirements of each type of animal and the effects antinutritional of gossypol and hydrocyanic acid, respectively, present in cotton and manioc. The bromatologicals results of coproducts, combined with the nutritional requirements of each animal entered the calculations of the composition of the food mix created. The metabolizable energy and digestive food were measured, to meet the nutritional needs of animals in categories: bird, bovine (calf, calf and mother in lactation), goats, sheep and pigs. The mixture prepared n°4 was chosen to nourish cattle (in lactation) for a period of 90 days. The test animals were six dairy crossbred cows, weighing between 400 and 500 kg/head/body weight. The ratio applied forage to concentrate the feed composition was held in level 63:37, 20% crude protein. Nutritional assessment of the animals was obtained an increase of twenty percent in milk production and improvements in physical performance of carcasses of animals and their offspring.

Keywords: 1. Cotton 2. Cassava 3. Pie 4. Bran 5. Food Animal

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADUFPB	Associação dos Docentes da Universidade Federal da Paraíba
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APROBIO	Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil
CCEN	Centro de Ciências Exatas e da Natureza
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CENPES	Centro de Pesquisa
CENTRE	Centro de Treinamento e Capacitação
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO	Monóxido de Carbono
COP 15	Conferencia das Partes Copenhagen
CT	Centro de Tecnologia
DIPLAN	Divisão de Planejamento
DF	Distrito Federal
DL50	Dose letal (50 % dos indivíduos foram a óbito)
DOE	U. S. Department of Energy
DN	Departamento de Nutrição
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DTA	Análise térmica diferencial
DTG	Termogravimetria Derivada
EE	Extrato etéreo
EIA	Energy Information Administration
Elg	Energia líquida para ganho
Elm	Energia líquida manutenção
EM	Energia Metabolizável
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRAS	Generally Regarded as Safe
HC	Hidrocarboneto

IES	Instituto de Energia Sustentável
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IMEA	Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
L	Litros
LACOM	Laboratório de Combustíveis e Materiais
LES	Laboratório de Energia Solar
LTA	Laboratório de Tecnologia de Alimentos
MJ/kg	Mega Joule/quilograma
MM	Material mineral
MO	Matéria orgânica
MP	Material particulado
MS	Matéria seca
NDT	Nutriente Digestível Total
NIOSH	Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional
NO _x	Óxido de Nitrogênio
nPAH	Hidrocarboneto Aromático Policíclico nitrogenado
ONU	Organização das Nações Unidas
PAH	Hidrocarboneto Aromático Policíclico
PB	Proteína bruta
PIB	Produto Interno Bruto
ppm	Partes por milhão
Sd	Sem data
t/ha	Tonelada por hectare
TECPAR	Instituto de Tecnologia do Paraná
Tep	Tonelada (t) equivalente de petróleo
TG	Termogravimetria
TLm	Toxicidade Letal máxima
UESC	Universidade Estadual de Santa Catarina
UFRR	Universidade Federal de Roraima
USDA	U. S. Departments of Agriculture

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	1
2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1 Produção alternativa de energia – Biomassa.....	6
2.2 Riscos de Impactos Ambientais.....	6
2.3 Concentrações de Gases de Efeito Estufa.....	7
2.4 Situação Energética Mundial.....	13
2.4.1 Efeitos reduzidos das Emissões Gasosas para o Meio Ambiente.....	14
2.4.2 Efeitos reduzidos sobre a Saúde dos Seres Vivos.....	15
3.0 FONTES OLEAGINOSAS PARA O COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL.....	17
3.1 Combustíveis renováveis.....	18
3.1.1 Biocombustível.....	22
3.1.2 Biodiesel no mundo.....	23
3.1.3 Biodiesel no Brasil.....	28
3.1.4 Biodiesel na Paraíba.....	32
3.2 Alternativas renováveis de Combustível.....	44
3.3 Plantio e extração de óleo de algodão.....	52
3.3.1 Aspectos industriais da extração do óleo vegetal.....	52
3.4 Benefícios socioambientais.....	53
3.5 Tecnologia de extração de óleo vegetal.....	54
3.5.1 Tecnologia de produção do biodiesel.....	57
3.6 Geração de biodiesel descentralizada.....	58
3.7 Análise térmica.....	59
3.7.1 Definição e história.....	59
3.7.2 Principais técnicas da análise térmica.....	61
4.0 MANDIOCA.....	63
4.1 Mandioca no mundo.....	66
4.2 Mandioca no Brasil.....	68
4.3 Mandioca na Paraíba.....	69
4.4 Implantação de usina de etanol: cálculos custo-benefício	73
4.4.1 Expressões algébricas de análise econômico-financeira da usina de etanol.....	75
4.5 Produção de etanol carburante.....	77
4.6 Produção de biogás.....	79
5.0 PRODUÇÃO DE ALIMENTO ANIMAL.....	80
5.1 Semente de algodão e coprodutos nutricionais.....	81
5.1.1 Farelo de algodão.....	84
5.1.2 Torta e farinha de semente de algodão.....	85
5.1.3 Limitação de uso do coproduto de semente de algodão.....	86
5.2 Processamento de mandioca.....	88
5.2.1 Alternativa racional de uso de mandioca.....	89
5.2.2 Formas de apresentação de mandioca para consumo animal.....	90
5.2.2.1 Mandioca integral (fresca).....	90
5.2.2.2 Farinha integral de mandioca.....	90
5.2.2.3 Farelo de raspas de mandioca.....	90

5.2.2.4 Farinha da parte aérea e silagem de mandioca.....	91
5.2.2.5 Aspectos toxicológicos da mandioca.....	91
5.2.3 Alimentação animal.....	92
5.2.3.1 Aplicação da mandioca.....	97
5.2.3.2 Alimentos volumosos (forragens, silagens, feno, ramas e restos de culturas agrícolas).....	98
5.2.3.3 Alimentos concentrados.....	100
5.2.3.3.1 Concentrados energéticos.....	101
5.2.3.3.2 Concentrados proteicos.....	101
5.2.3.4 Mistura mineral.....	101
5.2.3.5 Suplemento de vitaminas.....	102
5.3 Alimentação das diversas categorias de animais domésticos.....	103
5.3.1 Alimentação de ovinos criados intensivamente.....	106
5.3.2 Animais reprodutores.....	106
5.3.3 Cordeiros em confinamento.....	107
5.3.4 Cordeiros desmamados precocemente.....	107
5.3.5 Cordeiros recém-desmamados.....	108
5.3.6 Borregas para reposição (dos quatro meses até a cobertura).....	108
5.3.7 Fêmeas de primeira cria.....	108
6.0 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	109
6.1 Diagrama de blocos dos processos realizados.....	110
6.1.1 Fluxograma de produção do óleo de algodão.....	110
6.1.2 Etapas do processo da extrusão do óleo de algodão.....	111
6.1.2.1 Recepção.....	111
6.1.2.2 Deslinteamento.....	111
6.1.2.3 Desidratação da semente de algodão.....	111
6.1.2.4 Remoção de resíduos e trituração da amêndoa de algodão.....	112
6.1.3 Extrusão da semente de algodão.....	112
6.2 Caracterização do coproduto (óleo) da extrusão da semente de algodão.....	112
6.2.1 Análise convencional.....	113
6.2.2 Análises físico-químicas do óleo de algodão.....	113
6.2.3 Índice de acidez.....	113
6.2.4 Índice de peróxido.....	113
6.2.5 Índice de Iodo.....	114
6.3 Fluxograma do processamento da mandioca para obtenção do farelo.....	115
6.4 Caracterizações da matéria prima.....	116
6.4.1 Semente ou caroço de algodão.....	116
6.4.2 Óleo de algodão.....	116
6.4.3 Torta de algodão.....	116
6.4.4 Farelo de mandioca.....	116
6.4.5 Mistura alimentícia para animal.....	117
6.5 Estudo Térmico.....	117
6.6 Análise bromatológica do farelo (raspa) da mandioca.....	118
6.6.1 Análise térmica dos coprodutos: semente de algodão e mandioca (raspa).....	118
6.7 Avaliação da mistura alimentícia elaborada.....	119
7.0 RESULTADOS E ANÁLISES.....	119
7.1 Caracterização bromatológica da semente de algodão.....	119
7.2 Extração do óleo de algodão.....	122
7.2.1 Caracterização físico-química do óleo de algodão.....	123

7.3 Caracterização bromatológica dos coprodutos (ou resíduos) da mandioca.....	124
7.4 Aplicação da mistura elaborada e do ambiente.....	127
7.5 Análise térmica.....	128
7.5.1 Parâmetro da análise de termogravimetria (TG) e análise térmica diferencial (DTA).....	128
7.5.2 Análise térmica da semente (ou caroço) de algodão.herbáceo.....	128
7.5.2.1 Análise TG/DTG da semente do algodão.herbáceo.....	128
7.5.2.2 Análise DTA da semente (ou caroço) de algodão,.....	129
7.5.2.2.1 Curva DTA da semente (ou caroço) do algodão, com línter.....	129
7.5.3 Análise térmica da torta de algodão.....	131
7.5.3.1 Análise TG/DTG da torta do algodão herbáceo, com línter	131
7.5.3.2 Análise DTA da torta de algodão.....	132
7.5.3.2.1 Curva DTA da torta de algodão, com línter.....	132
7.5.4 Análise térmica do óleo bruto de algodão.....	133
7.5.4.1Análise termogravimétrica (TG/DTG) do óleo bruto do algodão.....	133
7.5.4.2 Análise térmica diferencial (DTA) do óleo do algodão.....	135
7.5.4.2.1 Curva DTA do óleo de algodão.....	135
7.5.5 Análise térmica do coproduto da mandioca.....	136
7.5.5.1 Análise TG/DTG do coproduto da mandioca (farelo).....	136
7.5.5.2 Análise térmica diferencial (DTA) do coproduto da mandioca.....	137
7.5.5.2.1 Curva DTA do coproduto da mandioca.....	137
7.6 Misturas elaboradas para alimentação animal.....	139
7.6.1 Suínos.....	139
7.6.2 Aves.....	140
7.6.3 Bovinos (matriz, em lactação).....	140
7.6.4 Bovino jovem (bezerro).....	142
7.6.5 Novilho.....	142
7.6.6 Caprinos e ovinos.....	143
7.7 Avaliação da mistura alimentícia elaborada.....	143
7.8 Resultado experimental de uma das misturas administradas para bovinos.....	144
7.9 Análises dos aspectos: ambiental, social, técnico e econômico.....	146
8.0 CONCLUSÕES.....	148
8.1 Sugestões para futuros trabalhos.....	148
REFERÊNCIAS.....	149

ANEXOS.....	160
ANEXO 1 - Tabela de Composição química de alguns alimentos concentrados (NRC,1984).....	161
ANEXO 2 - Tabela de Composição química dos alimentos e valores energéticos para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005).....	162
APÊNDICES.....	164
APÊNDICE A – Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel – Cabine de Secagem*, com instalação do inversor de frequência, ajustes dos sensores de temperaturas e aferição da vazão do ar de secagem.....	165
APÊNDICE B - Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem, com aferição das resistências elétricas (calor dissipado) e inspeção do isolamento térmico existente.....	166
APÊNDICE C- Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem, usando a amostra (semente de algodão), novo tipo de isolante térmico e obstrução do vazamento inadequado do ar.....	167
APÊNDICE D - Ensaio de Secagem Artificial de semente de algodão, sem línter (80 kg), usando o Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem modificada.....	168
APÊNDICE E - Ensaio de Secagem Artificial de semente de algodão, sem línter (46 kg) usando o sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel – Cabine de secagem.....	169
APÊNDICE F - Ensaio de secagem artificial, usando o Sistema conjugado de secagem convectiva Túnel – Cabine de secagem.....	170
APÊNDICE G.- Padronização da Extrusora com ajuste da pressão nos discos de extração do óleo vegetal.....	171
APÊNDICE H – Padronização da Extrusora, com aferição da temperatura no sistema de extração do óleo vegetal.....	172
APÊNDICE I – Ensaio de ajuste do sistema de Extrusão da semente de algodão para obtenção do óleo vegetal.....	173

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	EVOLUÇÃO DAS VENDAS DE BIODIESEL NA ALEMANHA.....	25
FIGURA 2	PRODUÇÃO MUNDIAL DE BIODIESEL EM 2010.....	27
FIGURA 3	PRODUÇÃO MUNDIAL DE BIOCOMBUSTÍVEL (BIODIESEL) EM 2010.....	27
FIGURA 4	PRODUÇÃO DE OLEAGINOSAS NO BRASIL.....	29
FIGURA 5	ALGODÃO: COLHEITA MANUAL E MECANIZADA, FLOR E FIBRA.....	31
FIGURA 6	ZONEAMENTO DA CULTURA DO ALGODÃO NA PARAÍBA.....	33
FIGURA 7	PRODUÇÃO DE MATERIAL GRAXO PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL BRASILEIRO.....	45
FIGURA 8	CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL.....	47
FIGURA 9	VALOR DE MERCADO DO BIODIESEL/L PRODUZIDO POR REGIÃO NO BRASIL.....	49
FIGURA 10	FLUXOGRAMA GENÉRICO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL.....	54
FIGURA .11	CURVAS TÍPICAS DOS MÉTODOS TERMOGRAVIMÉTRICOS.....	62
FIGURA 12	PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA DE MANDIOCA, EM 2011.....	68
FIGURA 13	FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL DA MANDIOCA.....	78
FIGURA 14	PROCESSAMENTO DA SEMENTE DO ALGODÃO.....	110
FIGURA 15	PROCESSO DE OBTENÇÃO DO FARELO E DA MANDIOCA.....	115
FIGURA 16	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE DE ALGODÃO.....	120
FIGURA 17	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE DE ALGODÃO, SEM LÍNTER.....	121
FIGURA 18	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA TORTA DE ALGODÃO, SEM LÍNTER	122
FIGURA 19	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS COPRODUTOS DA MANDIOCA.....	124
FIGURA 20	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS NUTRIENTES DOS COPRODUTOS DA MANDIOCA....	126
FIGURA 21	CURVAS DE TG /DTG DO CAROÇO DE ALGODÃO, COM LÍNTER.....	128
FIGURA 22	CURVA DE DTA DO CAROÇO DO ALGODÃO, COM LÍNTER.....	130
FIGURA 23	CURVAS TG/DTG, PARA A TORTA DE ALGODÃO.....	131
FIGURA 24	CURVA DTA, PARA A TORTA DE ALGODÃO, COM LÍNTER.....	133
FIGURA 25	CURVAS TG/DTG, PARA ÓLEO BRUTO DO ALGODÃO, COM LÍNTER.....	134
FIGURA 26	CURVAS DTA, PARA ÓLEO BRUTO DO ALGODÃO.....	135
FIGURA 27	CURVAS TG/DTG, PARA O COPRODUTO DA MANDIOCA.....	136
FIGURA 28	CURVA DTA, PARA O COPRODUTO DA MANDIOCA.....	138

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	INDICADORES DE EMISSÕES DE CO ₂ PROVENIENTES DO CONSUMO DE ENERGIA PARA PAÍSES DIVERSOS E BLOCOS, EM 2004.....	11
TABELA 2	MATRIZ DE ENERGIA PRIMÁRIA DE PAÍSES SELECIONADOS E BLOCOS, EM 2005.....	12
TABELA 3	EMISSÕES LÍQUIDAS OU ARMAZENADAS DEVIDO ALTERAÇÕES DO ESTOQUE.....	13
TABELA 4	BRASIL: MANDIOCA E PRODUÇÃO 2005 A 2012.....	20
TABELA 5	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR PAÍSES.....	24
TABELA 6	PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL, NO PERÍODO 2009 A 2014 (SETEMBRO).....	28
TABELA 7	USINAS DE BIODIESEL POR REGIÃO NO BRASIL AUTORIZADA A COMERCIALIZAR.....	30
TABELA 8	ESTATÍSTICA POPULACIONAL DAS MICRORREGIOES PB.....	34
TABELA 9	PRODUÇÃO DE ALGODÃO HERBÁCEO NA PARAÍBA.....	35
TABELA 10	ÁREA COLHIDA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO NO CO DO BRASIL....	36
TABELA 11	PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ALGODÃO POR REGIÃO.....	37
TABELA 12	PRODUÇÃO DE ALGODÃO HERBÁCEO NO BRASIL (2005 A 2007).....	38
TABELA 13	EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ALGODÃO POR SAFRA (2001 A 2012)....	39
TABELA 14	PRODUÇÃO NACIONAL, ÁREA PLANTADA E PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO.....	40
TABELA 15	COMPARATIVO DA SAFRA DE ALGODÃO (2012/2013 COM A DE 2013/2014).....	41
TABELA 16	PREÇOS MÉDIOS DO CAROÇO DE ALGODÃO, EM R\$/TONELADAS.....	42
TABELA 17	COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DO COMBUSTÍVEL FÓSSIL E DO BIODIESEL.....	44
TABELA 18	ESTIMATIVA DE VALOR AGREGADO DOS PRODUTOS DERIVADOS DO CULTIVO.....	48
TABELA 19	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DE 50 MIL HECTARES ALGODÃO (CAROÇO) PARAÍBA.....	50
TABELA 20	NÍVEL DE UMIDADE CRÍTICA DE ALGUMAS SEMENTES OLEAGINOSAS.....	51
TABELA 21	PRINCIPAIS TÉCNICAS DE ANÁLISE TÉRMICA.....	61
TABELA 22	PRODUÇÃO DE ETANOL, RENDIMENTO E EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO.....	65
TABELA 23	COMPARAÇÃO DE VIABILIDADE ENTRE AS CULTURAS DE MANDIOCA E CANA AÇÚCAR.....	65
TABELA 24	PRODUÇÃO MUNDIAL DE MANDIOCA EM RAIZ (MILHÕES DE TONELADAS).....	67
TABELA 25	POTENCIALIDADES AMILÁCEAS E AÇUCARADAS EM CARBOIDRATOS E ETANOL.....	72
TABELA 26	COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE SEMENTE OU CAROÇO DE ALGODÃO, EM BASE SECA.....	82
TABELA 27	COMPOSIÇÃO DE COPRODUTOS DO ALGODÃO USADOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	83
TABELA 28	DISTRIBUIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM ALGUNS ÓLEOS E GORDURAS.....	83
TABELA 29	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (MÉDIA) DE TORTA DE SEMENTE DE ALGODÃO.....	85
TABELA 30	CONTEÚDO MÉDIO DE GOSSIPOL EM COPRODUTOS DO ALGODOEIRO.....	87
TABELA 31	NÍVEL DE TOXICIDADE DO ÁCIDO CIANÍDRICO.....	91

TABELA 32	ESTIMATIVA DE FORNECIMENTO DIÁRIO MÁXIMO DE CAROÇO DE ALGODÃO.....	95
TABELA 33	COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA MANDIOCA, PARTE AÉREA E COPRODUTOS DA MANDIOCA, EM % (BASE SECA).....	99
TABELA 34	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE E DA TORTA DE ALGODÃO, SEM LÍNTER....	120
TABELA 35	RENDIMENTO DE ÓLEO BRUTO EXTRAÍDO POR PROCESSO DE EXTRUSÃO.....	123
TABELA 36	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO BRUTO DO ALGODÃO.....	124
TABELA 37	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE COPRODUTOS DA MANDIOCA RASPA TIPOS I E II.....	125
TABELA 38	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE DIFERENTES AMOSTRAS DE COPRODUTOS DA MANDIOCA.....	125
TABELA 39	RESULTADOS DA ANÁLISE DO CAROÇO DE ALGODÃO PELO MÉTODO TERMOGRAVIMÉTRICO UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	129
TABELA 40	RESULTADOS DA ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA) DO CAROÇO DE ALGODÃO, UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	130
TABELA 41	RESULTADOS DA ANÁLISE DA TORTA DE ALGODÃO, PELO MÉTODO TERMOGRAVIMÉTRICO UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	132
TABELA 42	RESULTADOS DA ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA) DA TORTA DE ALGODÃO, UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	132
TABELA 43	RESULTADOS DA ANÁLISE DO ÓLEO DE ALGODÃO, COM LÍNTER PELO MÉTODO TERMOGRAVIMÉTRICO, UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	134
TABELA 44	RESULTADO DA ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA) DO ÓLEO BRUTO DE ALGODÃO.....	136
TABELA 45	RESULTADOS DA ANÁLISE DO COPRODUTO DA MANDIOCA PELO MÉTODO TERMOGRAVIMÉTRICO (TG/DTG), UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	137
TABELA 46	RESULTADOS DA ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (DTA) DO COPRODUTO DA MANDIOCA, UTILIZANDO ATMOSFERA DE AR SINTÉTICO.....	138
TABELA 47	MISTURA ALIMENTÍCIA PARA NUTRIR ANIMAL SUÍNO.....	139
TABELA 48	MISTURA ALIMENTÍCIA PARA NUTRIR ANIMAL AVES.....	140
TABELA 49	MISTURA ALIMENTÍCIA PARA NUTRIR ANIMAL BOVINO (MATRIZ EM LACTAÇÃO)...	141
TABELA 50	MISTURA ALIMENTÍCIA DESTINADA PARA A NUTRIÇÃO DE BOVINO JOVEM (BEZERRO).....	142
TABELA 51	MISTURA ALIMENTÍCIA DESTINADA PARA A NUTRIÇÃO DE NOVILHO (DE CORTE)....	142
TABELA 52	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES MISTURA ALIMENTÍCIA ELABORADA (ENSAIO).....	145

LISTA DE QUADRO

Quadro 1	TIPOS DE USINAS RECOMENDADAS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL.....	46
----------	---	----

1.0 INTRODUÇÃO

A exploração descontrolada dos recursos naturais vem promovendo o desenvolvimento e o rápido crescimento tanto das atividades industriais, como também de vários setores (alimentos, transporte, agroindústria) das sociedades envolvidas no contexto da industrialização. Porém, mesmo com finalidade de desenvolvimento as atividades antrópicas, de certo modo, desvinculadas de objetivos de conservação do meio ambiente, chegaram através dos anos modificando o cenário climático do planeta, acarretando prejuízos ambientais e colocando em risco a sobrevivência não só dos animais e vegetais, mas também da própria sociedade humana.

A energia não renovável derivada de combustíveis fósseis, aciona a maior parte de nossos processos de produção. A evolução tecnológica, especialmente nas duas últimas décadas, tem se desenvolvido com uma velocidade espantosa, novas tecnologias estão sendo criadas, gerando uma quantidade enorme de produtos que causam emissões de poluentes na natureza.

Dentre estes recursos naturais, pode-se identificar como principal fonte geradora da energia, o petróleo. Este combustível esta atualmente no centro das atenções de toda a humanidade e sistematicamente as guerras se sucedem para ver quem terá o maior controle possível sobre esta matéria prima.

Contudo, a era do petróleo pode estar chegando ao fim. Tecnologias inovadoras estão sendo estudadas em todo o mundo e indicam que o pico de produção do petróleo está próximo de ser atingido. Outros, mais pessimistas, garantem que a fonte já se encontra no lado descendente, demonstrando que mais da metade das reservas recuperáveis já foram descobertas e o mundo passará por uma mudança que trarão novos atores para a cena principal da geopolítica da energia mundial.

Considerando os impactos ambientais provocados pelo uso de combustíveis fósseis, sendo o mais complexo o aquecimento global produzido pela intensificação do efeito estufa, sobressai à necessidade de uma política energética para o setor de transporte que promova a sua maior eficiência e diminua a dependência do petróleo e das emissões de gases poluentes na atmosfera. Devemos resgatar o transporte marítimo e ferroviário para cargas leves e pesadas, pois o Brasil gasta milhões de reais por ano na reposição do asfalto, que é desgastado ano após anos na distribuição de cargas pesadas para as indústrias e o comércio brasileiros. Além deste problema existem os causados pelos acidentes de trânsito provocado por veículos pesados devido aos congestionamentos nas grandes cidades.

Apesar de inúmeras pesquisas terem sido realizadas desde a década de 20 sobre combustíveis alternativos e renováveis, só há alguns anos que os biocombustíveis derivados da biomassa começaram a ser testados, surgiram como alternativa de uso para motores de combustão interna, para atender uma demanda, tendo em vista a possibilidade de sua utilização parcial ou total, em substituição aos derivados de petróleo em motores estacionários e automotivos.

Mudanças na fabricação de biocombustíveis ainda estão para vir, agora com os veículos pesados, de consumo de petrodiesel. Em breve, haverá possibilidade inovadora de produção de um combustível mais limpo, com menores emissões de gases de efeitos tóxicos aos seres vivos.

Com o avanço na tecnologia automotiva foi necessária a concretização de inovações alternativas para o uso de combustível fóssil tendo sido aprovado no Brasil com a implantação do veículo “flex”, firmando desta maneira o compromisso do governo federal com o desenvolvimento sustentável.

A presença de fontes renováveis na matriz energética do Brasil é bastante significativa, principalmente a hidroeletricidade e a biomassa, onde esta última representa a principal alternativa de substituição frente ao petróleo.

Veículos movidos a eletricidade já estão trafegando em fase de teste, faltam alguns detalhes para viabilizar sua distribuição, como: os testes econômicos e o mapeamento para a instalação da central de distribuição de recarga de energia. Quanto à biomassa, representando o desenvolvimento sustentado, se origina do tripé: biodiversidade, bioenergia e biotecnologia. Na atividade agrícola os insumos são compreendidos por todos os produtos necessários à produção vegetal e animal: adubos, sementes, vacinas, tratores, em fim, compreende produtos biológicos, químicos e/ou produtos minerais. Os vegetais, animais e seus derivados são conhecidos como biomassa. Os vegetais representam a base primária da cadeia alimentar. A matéria orgânica é produzida pelos vegetais através da fotossíntese – processo que aplica a energia solar como fonte energética – é fonte energética de quase todos os seres vivos, sendo precursor da vitamina D. O potencial energético oriundo da agricultura brasileira provém de quatro fontes de biomassa: as derivadas de cultivos ricos em carboidrato ou amiláceo, que geram o etanol; as derivadas de lipídios vegetais e animais, que geram o biodiesel; a madeira, que pode gerar o metanol, briquetes ou carvão vegetal; e os resíduos e dejetos da agropecuária e da agroindústria, que podem gerar calor e energia elétrica. A resistência das oleaginosas a

clima seco faz com que seja uma boa fonte de renda para as famílias que as cultivam no semiárido.

Neste contexto aparecem os combustíveis “verdes” produzidos a base de óleos vegetais. Sendo a principal alternativa renovável para competir com o petrodiesel usado em motores de ignição por compressão. As vantagens do óleo vegetal como combustível são alcançadas pelo fato de ser um líquido natural, renovável, biodegradável, de baixo teor aromático, de alto valor energético e baixo conteúdo em enxofre. Por outro lado, possuem algumas limitações, tais como, suas propriedades físicas, principalmente sua elevada viscosidade e baixa volatilidade, as quais implicam em diversos problemas nos motores e na combustão incompleta dos veículos. Esta é a razão pela qual os óleos vegetais ou gorduras animais passam por processos de transesterificação.

O futuro acena para as possibilidades de haver mudanças na fabricação e utilização do biocombustível pelo Brasil. A expectativa é que o país seja um dos principais produtores e consumidores de biodiesel do mundo. Isto significa a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e, conseqüentemente, a permissão do uso do petróleo e seus derivados para outros fins.

Em meio a estes fatos de reflexivas discussões, torna-se fundamental enfatizar o oportuno momento para o país com proposta de gerar combustível renovável, alternativo e a importância do presente trabalho de pesquisa de dedicar esforços no estudo da aplicação do coproduto ou resíduos da produção de biocombustível, para obtenção de insumo animal.

Os coprodutos estão inseridos neste cenário a partir de processo de obtenção de combustível renovável: etanol (raiz de mandioca) e biodiesel (semente de algodão). O produto gerado da combinação destes coprodutos terá valor adequado na dieta protéica e/ou calórica (energética) dos animais domésticos, sendo ideal para suprir deficiências nutricionais de animais em criação de confinamento, nos estado de creche e crescimento e terminação.

Na indústria de biocombustível a glicerina bruta ou glicerol também é considerado um coproduto da industrialização do óleo vegetal para obtenção do biodiesel. Diversas são as aplicações de uso da glicerina entre as quais se destacam os usos em alimentos, bebidas, tabaco, cosméticos, etc. No entanto são necessários os processos de purificação complexos para cumprir as exigências, visto que apresenta impurezas como: água de lavagem do biodiesel, ácido graxos insaturados, ésteres, catalisador químico, oligômeros, metanol, propanóides, entre outros compostos químicos.

Entre os possíveis usos para a glicerina bruta gerada como coproduto da produção de biodiesel, pode-se destacar sua aplicação na alimentação animal, quando purificada. O emprego da glicerina na alimentação animal foi alvo de estudos passados, especialmente na Europa. Entretanto, com o recente impulso das pesquisas com o biodiesel no Brasil e a disponibilidade deste coproduto em grande escala, renasce o interesse da aplicação da glicerina como insumo na alimentação animal. Esta pesquisa engloba também o desenvolvimento do estudo com a glicerina bruta, advinda diretamente do processo de fabricação de biodiesel. Atualmente, pesquisas revelam a sua inclusão em níveis crescentes na dieta de réptil e consequente influência sobre a composição química da carne produzida. Desta maneira, o principal coproduto da indústria do biodiesel poderá ser utilizado, para a produção de bens de consumo de demanda social crescente através de uma tecnologia fácil de ser aplicada e transferida para o pequeno produtor agropecuarista.

O objetivo geral deste estudo é avaliar a viabilidade técnica das combinações dos coprodutos das produções de biocombustíveis (biodiesel e etanol), para obtenção de insumo alimentar animal. Os objetivos específicos são: Avaliar o coproduto da cadeia produtiva do biodiesel de algodão para aplicação como insumo alimentar animal; Caracterizar a torta, o farelo e o óleo obtido da extração mecânica do óleo de algodão; Avaliar a cadeia produtiva do etanol, oriundo de amiláceo (mandioca); Analisar o coproduto farelo de mandioca para uso como insumo alimentar animal; Elaborar uma mistura alimentar contendo torta ou farelo de algodão e/ou farelo de mandioca para nutrição de animais domésticos. Caracterizar uma das misturas alimentícias formuladas e aplicar na dieta de animal doméstico.

Realizar um trabalho de pesquisa desta magnitude, analisando os coprodutos do processo tecnológico de obtenção de combustível, oriundo dos Recursos Naturais Renováveis (biodiesel e etanol) sempre foi um estudo de particular interesse, por se tratar de assunto que diz respeito à Conservação do Meio Ambiente, partindo de material residual que seria descartado, desta forma agregando valor econômico e trazendo benefício globalizado para a população, com a inovação racional da Tecnologia, na substituição do combustível fóssil. Este tema é relevante na medida em que mantém o homem do campo no seu habitat, gera emprego e renda, além de trazer melhorias para o Meio Ambiente, pelos baixos níveis de emissões gasosas liberadas pelos escapamentos veículos. Os estudos dos aproveitamentos destes coprodutos são enaltecidos, quando “o problema” é direcionado ao resultado almejado, oferta de alimento balanceado para os animais da região nordestina, que muitos já morreram por sua falta.

Por outro lado, este experimento contribui para o aumento da “qualidade de vida” dos agricultores e pecuaristas, fazendo alcançar as metas tão sonhadas, facilitando a sua convivência no campo. Com a cadeia alimentar produtiva formada o homem do campo pode adquirir bens de consumo e implementos agrícolas, antes não existentes no seu convívio, devido ao baixo poder econômico da família.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Produção alternativa de energia - Biomassa

A utilização de fontes alternativas de energia é uma das grandes prioridades atuais, que vem contribuir com grande atuação para contornar os graves problemas ocasionados pelo desenvolvimento tecnológico. A atual preocupação pela redução da poluição e a crise energética tem estimulado o mercado do mundo inteiro a procura de investimento com biocombustível, fonte renovável.

A necessidade de substituição dos combustíveis fóssil ainda aliada à preservação ambiental impulsionou a comunidade de cientistas a procurar alternativas de fontes renováveis de energia e dentre as diversas encontradas estão sendo muito estudadas, aquelas oriundas da biomassa, popularmente conhecidas como biocombustíveis. Estes geram menos impactos ambientais por originarem de fontes orgânicas. Sua utilização contribui para a redução da emissão de gases do efeito estufa que favorece o agravamento do aquecimento global, como o gás carbônico (CO₂), por exemplo.

A economia global mantém-se em crescimento e a demanda por energia limpa e recursos renováveis encontra-se em contínuo aumento (BILGEN et al., 2006).

2.2 Riscos de Impactos Ambientais

Segundo Hess (1962) & Júnior (1994), as atividades agroindustriais do setor mandioqueiro afirmaram que os resíduos sólidos são menos problemáticos que os efluentes líquidos. A questão maior reside na água vegetal, principalmente pelo fato do material orgânico estar dissolvido, formando uma suspensão coloidal. Acrescida a esse fator, a presença do ácido cianídrico dificulta os tratamentos convencionais. Os despejos das indústrias feculárias trazem preocupações porque a carga poluidora representa risco de impacto para o meio ambiente. Gabardo (1981), cita algumas indústrias do Paraná, como exemplos, as quais geram uma carga de 50 toneladas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) por dia, equivalendo a um milhão de pessoas, podendo representar sérios riscos à fauna, à flora, às águas de superfície e ao lençol freático.

Amante (1997) destaca que a indústria de fécula de mandioca tem contribuído para aumentar o risco de impacto ambiental no Sul do Estado de Santa Catarina, sendo preocupantes os resíduos sólidos e líquidos por conterem carboidratos, açúcares solúveis, celulose, cianetos, amido e produtos da decomposição destes. Sobretudo, contribuem com

elevada carga de dejetos no meio ambiente. A mesma autora alerta para a elevada carga poluidora: a cada tonelada de mandioca transformada são liberados, aproximadamente, 4,0 m³ de efluentes e 70 kg de resíduos sólidos (peso seco).

Outro fator que pode potencializar a geração de resíduo é a forma com que as empresas estão agrupadas, sendo comum, no setor de polvilho, várias empresas se agruparem numa mesma região. Um exemplo prático é o setor de polvilho azedo no Extremo Sul de Santa Catarina: são vinte e seis empresas, numa proximidade que não ultrapassa 20 km de uma para outra.

Os problemas da poluição provocados pelas agroindústrias de polvilho, nas bacias hidrográficas, são semelhantes aos colocados pelo excesso de adubo usado na agricultura. Alguns autores argumentam que o envelhecimento dos ecossistemas ocorre pela adição artificial de resíduo rico em nutrientes. À medida que ocorre o aumento da concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo), aparece o fenômeno de eutrofização. A presença de grande quantidade de nitrogênio e fósforo leva ao aparecimento de muitas algas. Na medida em que esse material vai se depositando no fundo dos corpos d'água, aumenta também a população de microrganismos que consomem todo o oxigênio da água, resultando em grande mortandade de peixes. Surgem, no ambiente, microrganismos anaeróbicos que geram ácido sulfídrico, produzindo odores desagradáveis.

Uma maneira de se evitar e/ou reduzir o efeito negativo destes efluentes ao ambiente seria a reutilização dos mesmos, como por exemplo, a utilização na pecuária como coproduto na alimentação animal e/ou na agricultura sob a forma de fertilizante no cultivo de algumas espécies.

2.3 Concentrações de Gases de Efeito Estufa

Sabe-se que o aumento da concentração dos gases causadores do efeito estufa, como o monóxido de carbono (CO) e o metano (CH₄) tem acarretado sérias mudanças climáticas no planeta. Efeitos como o aumento da temperatura média global, as alterações no perfil das precipitações pluviométricas e a elevação do nível dos oceanos poderão ser catastróficos frente a contínua tendência de aumento da população mundial (PETERSON & HUSTRULID, 1998; SHAY, 1993). A inserção de energéticos renováveis em nossa matriz energética precisa ser incentivada para frear as emissões causadas pelo uso continuado de combustíveis fósseis.

Neste contexto, a busca intensiva por combustíveis alternativos ao petróleo como o biodiesel, apresenta grande importância principalmente para os países emergentes uma vez

que sua produção auxilia a conservação do meio ambiente, mediante a redução dos gases responsáveis pelo aquecimento global, e contribui para o desenvolvimento social mediante a geração de novas frentes de trabalho com geração de empregos (OLIVEIRA et. al., 2006).

A produção de biodiesel encontra-se acelerada, e como consequência, acelera também a quantidade de subprodutos gerados de sua produção, principalmente a glicerina bruta. Destaca-se aqui, que os tratamentos de purificação são de custo elevado para os pequenos e médios produtores nacionais de biodiesel, e devido a este fato uma maior quantidade de efluentes contendo a glicerina poderão ser descartados no meio ambiente sem um prévio tratamento, aumentando desta maneira os problemas ambientais.

As questões relativas às mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa passaram a ocupar lugar de destaque na lista das ameaças ambientais que mais colocava em risco a integridade do nosso planeta. Os levantamentos científicos realizados anos após anos vêm indicando que as atividades humanas “ações antropogênicas” decorrentes do modelo de produção em vigor, são os fatores mais decisivos para o agravamento da situação ambiental (BARAL & GUHA, 2004).

Dada a importância e seriedade deste assunto, nos dias compreendidos entre 07 e 18 de dezembro de 2009, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que abrangem 192 países, reuniu-se em Copenhague na Dinamarca, para a 15ª Conferência das Partes sobre Clima (COP, 15), com objetivo de traçar um acordo global para definir o que fazer para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (após o primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), formado por 2,5 mil cientistas, afirmou que a Terra já aqueceu em cerca de 0,76°C desde a Revolução Industrial. O IPCC projetou cenários futuros que preveem o aquecimento do planeta em pelo menos 1,8°C até o final do século, dependendo das medidas tomadas pelos países para reduzir as emissões.

Infelizmente, a conferência do clima terminou, com um acordo político incapaz de atender a maioria das expectativas de salvar o planeta de um aquecimento exagerado nas próximas décadas, sendo as principais decisões para combater as mudanças climáticas adiadas para os próximos meses.

Em Copenhague, dentro dos pequenos avanços o setor de aviação se comprometeu a reduzir suas emissões de gases do efeito estufa em 50 até 2050%. Nesta proposta estava também a inclusão de melhoria da eficiência do combustível utilizado em aeronaves em 1,5% ao ano até 2020 por meio de investimentos em biocombustíveis.

Um dos principais riscos ambientais enfrentado no nosso planeta é o efeito estufa, e que está diretamente associado ao consumo de energias fósseis. Diversos gases que existem naturalmente na atmosfera, quando emitidos em excesso, intensificam o efeito estufa. Os gases que mais contribuem para o incremento do problema são dióxido de Carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄), óxido nitroso (NO₂) e hidrofluorcarbonos (HFC's), atualmente, devido ao aumento da concentração desses gases, o efeito estufa vem se agravando trazendo consigo a elevação da temperatura média global do planeta.

O dióxido de carbono (CO₂), que é o gás de efeito estufa mais importante, de acordo com o IPCC-WGI (2007), vem apresentando um aumento de emissões sem precedentes. A concentração atmosférica global desse gás que era de 280 partes por milhões (ppm) no período pré-industrial, passou para 379 ppm em 2005, sendo assim, muito acima da faixa natural dos últimos 650.000 anos (entre 180 e 300 ppm). Especialmente nos últimos anos, a taxa de aumento da concentração anual de dióxido de carbono tem sido elevada, tendo subido, em média, de 1,4 ppm por ano, entre 1960 e 2005, para 1,9 ppm por ano, entre 1995 a 2005. Portanto, a manutenção das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) nas taxas atuais ou acima é bastante preocupante. Este gás quando distribuído na atmosfera age como a cobertura de uma estufa sobre o planeta, permitindo a passagem da radiação solar, mas evitando a liberação da radiação infravermelha emitida pela terra. O CO₂ representa em torno de 0,03 % do volume atmosférico da terra. Entretanto, nos últimos anos, devido à destruição de florestas tropicais e principalmente, a combustão de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão), a concentração desse gás na atmosfera tem aumentado cerca de 0,4% ao ano, potencializando, assim o aquecimento global, além da poluição do ar e a degradação dos ecossistemas (RAGHUVANSHI et. al., 2006; WIHERSAARI, 2005; SILVEIRA et. al., 2005).

Um dos principais problemas do uso de combustíveis fósseis no século XXI refere-se às emissões de CO₂ resultante de sua combustão. Desde a revolução industrial a taxa de emissão de CO₂ sobe em relação direta com o crescimento do uso de energia comercial, já que grande parte desta energia tem como fonte o emprego de combustíveis fósseis (BAIRD, 2002).

Drásticas consequências são esperadas com esse aumento da temperatura média global do planeta (aquecimento), como a fusão das calotas polares, propagação de doenças tropicais, migração e extinção da biodiversidade, aumento médio do nível dos oceanos, etc. Esses efeitos provocados por um possível aumento da temperatura média da terra têm levado a

comunidade científica e os governantes, a tomarem providências que evitem essa catástrofe (BAIRD, 2002; BANNAYAN et al., 2005).

A concentração atmosférica de gás carbônico, metano e outros gases de efeito estufa vêm aumentando gradativamente durante os últimos cem anos. Então, uma atenção especial tem sido dedicada a esses gases, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa algo em torno de 55% do total das emissões e o tempo de sua permanência é de pelo menos 10 décadas (BAIRD, 2002; CARCAILLET et al., 2002).

O primeiro grande esforço de mitigação de emissões de GEE em escala global veio à tona em 1997, quando surgiu uma preocupação em massa com o meio ambiente levando os países da Organização das Nações Unidas (ONU) a assinarem um acordo que estipulasse o controle sobre as intervenções humanas no clima. Dessa maneira, surgiu o Protocolo de Kyoto, o qual estabelece metas de controle dos gases causadores do efeito estufa, que é o principal responsável pelo aumento de gases nocivos a atmosfera. Este competente Protocolo obriga 39 países desenvolvidos a deixar no período de 2008 a 2012 a emissão de dióxido de carbono e outros gases nocivos 5,2% menor do que o índice global registrado em 1990. Entretanto, caso seja impossível atingir as metas impostas e, a fim de não comprometer a economia desses países, o protocolo estabelece a possibilidade de compra de “credito de carbono” em outras nações que possuam projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Neste íterim, o Brasil aparece como um mercado bastante promissor, em virtude de sua alta demanda de fontes renováveis (CEOTTO, 2005). O Brasil, quando da celebração deste Protocolo não foi obrigado a adotar metas de redução de emissões de GEE, mais todas as nações devem participar com esforço máximo necessário de mitigação. Por outro lado, mais importante que seja esse Protocolo, os resultados que vêm sendo alcançados são modestos (MAROUN, 2007), e segundo IPCC-WGIII (2007) dificilmente atenderiam as reduções de GEE globalmente requeridas.

O Brasil, ciente de seu papel nas emissões globais de GEE, por ocasião da 15ª Conferência das Partes (COP 15), Copenhagen, em 2009, apresentou compromissos de redução das emissões para o ano 2020. Estes compromissos, voluntários, se tornaram lei recentemente e, posteriormente, cada segmento emissor terá que atender com metas específicas, como por exemplo: maior uso de fontes renováveis, intensificação da eficiência de energia, redução de desmatamento, dentre outros.

Todo esse quadro de emissões futuras, de cumprimento ou não de metas e outros, faz com que sejam projetados cenários no longo prazo, tanto tendências (baseados nos

crescimentos esperados da população e da economia dos países). (business as usual), quanto ideais ou desejados, os chamados cenários de baixo carbono, onde a estabilização da concentração de carbono na atmosfera seria conseguida.

A situação brasileira perante as emissões globais não é tão confortável, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1
Indicadores de Emissões de CO₂ provenientes do
consumo de energia para países diversos e blocos em 2004

País/Bloco	Intensidade de Carbono (kt CO ₂ /kt petróleo eq.)	tCO ₂ /capita	Intensidade Carbono/PIB (kt CO ₂ /milhão US\$ PPC 2000)
China	3,11	3,8	0,70
Mundo	2,63	4,5	0,55
EUA	2,60	20,6	0,56
Países em desenvolvimento	2,59	2,4	0,56
Europa central, oriental e CEI	2,51	7,9	0,97
OCDE	2,42	11,5	0,45
Japão	2,36	9,9	0,36
Índia	2,34	1,2	0,44
Alemanha	2,32	9,8	0,38
Brasil	1,62	1,8	0,24
França	1,36	6,0	0,23

Fonte: UNDP, 2007. Nota: US\$ PPC – paridade de compra.

Da tabela acima, o Brasil e a França se destacam com as matrizes energéticas bem menores, quando comparadas aos demais países e blocos, em 2004. As emissões atreladas à matriz de produção e uso de energia dos países, com forte participação de fontes renováveis (biomassa, eólica e hidráulica) e energia nuclear são as que emitem baixas emissões. De outro lado, aqueles, com uso intenso de carvão têm emissões absolutas mais elevadas.

A tabela 2 mostra a matriz de energia primária de países selecionados e blocos, em 2005. Segundo Henriques Junior (2010), a matriz energética brasileira se apresenta amplamente limpa em relação à maior parte dos países. A tabela 2 mostra a existência de uma quantidade elevada de gás carbônico (CO₂), emitido da biomassa de florestas (mudanças e uso do solo).

Tabela 2

Matriz de energia primária de países selecionados e blocos, em 2005

País/bloco	Energia Primária (prod. anual) (10 ⁶ tep.)	Hidráulica, Solar, Eólica e geotérmica (%)	Biomassa e desperdício (%)	Nuclear (%)	Gás Natural (%)	Carvão (%)	Petróleo (%)
EUA	2.340,3	1,5	3,2	9,0	21,8	23,7	40,7
China	1.717,2	2,0	13,0	0,8	2,3	63,3	18,5
Índia	537,3	1,7	29,4	0,8	5,4	38,7	23,9
Japão	530,5	2,0	1,2	15,0	13,3	21,1	47,4
Alemanha	344,7	1,3	3,5	12,3	23,4	23,7	35,5
França	276,0	1,7	4,3	42,6	14,9	5,2	33,1
Brasil	209,5	13,9	26,5	1,2	8,0	6,5	42,2

Fonte: UNDP, 2007.

O Brasil (2005) alcançou o quinto lugar no ranking mundial entre os principais países emissores de CO₂.

Pelos dados das emissões totais brasileiras (advindas da queima de combustíveis fósseis e da biomassa florestal) em 2004, o Brasil atingiu cerca de 1.443,0 MtCO₂/ano, ficando atrás dos EUA (5.546,3 tCO₂ líquidas/ano), China (4.672 tCO₂/ano), Indonésia (2.649,5 tCO₂/ano) e Rússia (1.595,9 tCO₂/ano).

A tabela 3 mostra os dados de emissões líquidas ou armazenadas devido a alterações de estoque de carbono da biomassa florestal em 2005.

Os dados da tabela abaixo apresentam as emissões líquidas ou armazenadas devido a alterações do estoque de carbono da biomassa florestal (2005). Neste quesito, o Brasil figura como um dos principais países emissores de CO₂, sendo superado somente pela Indonésia que emitiu mais de 2,0 bilhões de toneladas de CO₂/ano, entre 1990 e 2005. Segundo o UNDP (2007), emissões advindas da biomassa florestal são típicas de países muito pobres, geralmente de IDH (índice de desenvolvimento humano) médio e baixo.

Tabela 3
Emissões líquidas ou armazenadas devido a alterações do estoque
de carbono da biomassa florestal por países e bloco, em 2005

País/bloco	Emissões de CO ₂ da biomassa florestal (MtCO ₂ /ano) 1990 a 2005*	Estoque de Carbono (Mtcarbono), 2005
Países em desenvolvimento	5.091,5	190.359,7
Mundo (emissões líquidas)	4.038,1	282.650,1
Indonésia	2.271,5	5.897,0
Brasil	1.111,4	49.335,0
OCDE	- 999,7	59.959,6
EUA	- 499,5	18.964,0
China	- 334,9	6.096,0
Europa central, oriente e CEI	- 165,9	37.592,0
Japão	- 118,5	1.892,0
Alemanha	- 74,9	1.303,0
França	- 44,2	1.165,0
Índia	- 40,8	2.343,0

Fonte: UNDP, 2007. *valor positivo = emissão de carbono; valor negativo de carbono = armazenamento de carbono; ** Biomassa viva (acima e abaixo do solo). Não estão incluídos Carbono na forma de lixo, solo e lenha.

2.4 Situação Energética Mundial

Há grande preocupação com o aumento da produção de energia a partir de fonte renováveis em todo o mundo. O direcionamento dos investimentos para a busca de alternativas de geração de energias limpas se intensificou mais recentemente e, segundo dados do Fundo global para geração de energia sustentável 2013.

As reservas mundiais de petróleo totalizam 1.147,80 bilhões de barris e o consumo anual deste combustível fóssil está estimado em 80 milhões de barris/dia. Previsão para 2046 foi tirada para o encerramento das reservas de petróleo no mundo. Além disso, é importante ressaltar que nesse cálculo não foi contabilizada a tendência do crescimento no consumo, o que leva a conclusão de que, não havendo novas descobertas de reservas de petróleo, esse tempo ainda diminuiria. Por outro lado, é de se prever que antes do esgotamento das reservas o preço do petróleo ficará tão elevado que, sua utilização como combustível não seria mais

interessante, verificando uma necessidade de obtenção de alternativas de recursos energéticos que permitam a substituição do petróleo (ANP, 2005).

Apesar da grande quantidade de reservas de combustível fóssil, gás natural e carvão existente no mundo e do consumo de energia oriunda destes recursos se mostrarem crescentes, a matriz energética mundial também é configurada pela biomassa (11,2%) e a energia hidráulica (2,1%). Estas duas formas de energia provêm de fontes naturais renováveis, sendo a primeira utilizada basicamente, para produção de biocombustíveis e a segunda para a geração de energia elétrica.

Assim, diversas pesquisas sugerem a utilização da biomassa para utilização como fonte energética, principalmente para fins de uso como combustíveis renováveis. Faz-se necessário ressaltar que biomassa inclui todos os organismos biológicos que podem ser aproveitados como fonte de energia limpa: algodão, mandioca, cana-de-açúcar, eucalipto, beterraba, entre outros. O biogás é produzido pela biodegradação anaeróbica existente no resíduo sólido e dejetos orgânicos, lenha e carvão vegetal, alguns óleos vegetais, originados do algodão, mamona, soja, amendoim, etc. (RAMOS et. al., 2003).

No que se refere à produção de energia para suprir as necessidades de combustíveis, o etanol tem alcançado lugar de destaque, mesmo tendo a sua participação muito abaixo em relação aos demais tipos de combustíveis explorados. Em 2009, o etanol representou 0,9% de todo o petróleo consumido globalmente.

Cientistas em seus estudos já apontaram que a utilização da biomassa para fins energéticos, vem tendo uma participação crescente perante a matriz energética mundial, levando a estimativa até o ano de 2050, que deverá dobrar o uso mundial de biomassa disponível. A utilização deste biocombustível é uma alternativa crescente, pois são de origem da biomassa.

2.4.1 Efeitos reduzidos das Emissões Gasosas para o Meio Ambiente

Como os vegetais oleaginosos consomem gás carbônico (CO₂) para o seu desenvolvimento, o biocombustível reduz drasticamente o acúmulo deste CO₂ na atmosfera por possuir um ciclo de carbono praticamente fechado.

Dados preocupantes publicados pelo relatório da Petroleira Britânica (BP) em 2013, mostram que o Brasil caiu para o terceiro lugar entre os maiores produtores hidroelétricos do mundo, este resultado provocou maiores altas na emissão de CO₂ na atmosfera. A conclusão é do “BP Energy Review” anual sobre o cenário energético mundial. Mostra que a produção

de hidroelétrica no País caiu 7% (o equivalente a 385,4 terawatts - h (TWh) no ano, contra 391,6 TWh do Canadá e 911,6 TWh da líder China. Deste relatório se conclui que, houve o consumo de mais combustíveis fósseis, levando o Brasil a bater o recorde de emissões de gás carbônico (CO₂). É oportuno ressaltar que pelo o segundo ano consecutivo, áreas brasileiras experimentaram condições de “seca” ou falta de chuvas, resultando em declínio na geração hidroelétricas em 2013, atingindo a geração de energia do país que caiu de 91% (2011), 75% (em 2012), para 69% (2013). A baixa na geração das usinas hidroelétricas contribuiu para o crescimento do consumo de petrodiesel: (diesel - cerca de 6,9 milhões de ton. de óleo) e gás natural (5,4 milhões de ton. gás), sendo assim, atingindo um crescimento de 6,7% ao ano de emissões de gás carbônico ao meio ambiente, com geração de 541,1 milhões de ton. de CO₂ no ano. Neste ano de 2013, o Brasil alcançou o 11 lugar na lista de países que mais emitem gases poluentes na geração de energia, liderado pela China (9,5 bilhões de ton. emitidas), responsável por 67,5% da geração de energia por térmicas a carvão.

Considerando o exposto, enfatizamos o emprego do biocombustível na matriz energética como fonte de energia limpa. O biodiesel se diferencia grandemente de outros combustíveis, cuja produção depende do uso de toda a planta ou das sementes que ela produz. Começando do início e levando em consideração toda a demanda energética para o crescimento, colheita, processamento e transporte. Uma pesquisa do DOE/USDA, 2010 demonstrou que o biodiesel produzido de óleo de soja fornece, ao longo de todo o seu ciclo de vida, um decréscimo de 78% nas emissões de CO₂ em comparação com o combustível diesel de petróleo, e um balanço energético positivo de 3,24:1 em relação a este mesmo combustível de origem fóssil. Este valor de redução de CO₂ do biodiesel poderá a ser considerado ainda maior no futuro próximo, na medida em que o reconhecimento e aceitação dos efeitos do aquecimento global se tornem uma realidade.

2.4.2 Efeitos reduzidos sobre a Saúde dos Seres Vivos

O emprego do biocombustível nos motores diesel já existente proporciona reduções substanciais em hidrocarbonetos (HC) não queimados, monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP), mas aumenta ligeiramente as emissões de óxidos nitrogenados (NO_x). Os efeitos do biocombustível sobre a tecnologia atual dos motores já foi avaliada e desta análise foi concluído que as emissões de biodiesel contêm níveis reduzidos de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nitrogenados

(nPAH), que foram identificados como agentes cancerígenos em potencial. Porém, o sucesso desta pesquisa são os valores de redução das emissões de gases tóxicos do meio ambiente. E, dados apresentados pelo Instituto de Pesquisa do Sudoeste, efetivados nos testes de Tier do NBB sobre efeitos à saúde humana indicaram que compostos PAH foram reduzidos em uma faixa de 75 - 85%, com exceção do benzoantraceno, que foi reduzido em aproximadamente, 50%.

O uso do bicomcombustível também reduziu dramaticamente a emissão de compostos nPAH de interesse, como 2-nitrofluoreno e o 1-nitropireno, que foram reduzidos em 90%, com o resto dos compostos nPAH reduzidos ao nível de traços. Acredita-se que o efeito da mistura diesel-biocomcombustível (biodiesel) acarreta em modificações das reações químicas dos gases dispersos no meio ambiente, promovendo emissões de compostos com concentrações mais leves, com variação linear. As disponibilidades de dados experimentais sobre as misturas se mostram bem menores, devido ao custo extremamente alto que está associado a testes desta natureza (KNOTHE, 2006).

A utilização de biodiesel traz uma série de vantagens ambientais, econômicas e sociais. Estudos revelam que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em redução de emissões de enxofre (20%), de anidrido carbônico (9,8%), de hidrocarbonetos não queimados (14,2%), de materiais particulados (26,8%) e de óxido de nitrogênio (4,6%). Os benefícios ambientais podem ainda, gerar vantagens econômicas.

Segundo Ramos (2000), enquanto combustível, o biodiesel necessita de algumas características que podem ser consideradas imprescindíveis: a reação de transesterificação deve ser completa, acarretando ausência total de ácidos graxos remanescentes e o biocomcombustível deve ser de alta pureza, não contendo traços de glicerina, de catalisador residual ou de álcool excedente da reação.

Como conclusão dos efeitos das emissões gasosas sobre os seres humanos, podemos informar que muitos mecânicos e condutores de veículos pesados estão entusiasmados com a exaustão mais limpa de misturas B20, principalmente pelo fato de que em seu uso diminui a ardência nos olhos (devido à exposição frequente aos gases dispersos no ar) e melhorou sua respiração, isto quando em comparação com o uso do diesel convencional.

Desta forma, o uso de 100 galões (378,5 L) de bicomcombustível com o B20, 500 galões ou cerca de 1.892 litros da mistura B20, acarreta uma redução maior das emissões de hidrocarbonetos (HC) não queimados, monóxido de carbono (CO) e material particulado

(MP), do que o uso dos mesmos 100 galões de biocombustível, como B100, ou 400 galões de petrodiesel puro (1.514 L).

Como fator de saúde e segurança na produção do biocombustível um subproduto deste processo “glicerol” tem seu grau de Generally Regraded as Safe - GRAS desde 1959, este por sua vez é um aditivo alimentar e, é permitido em alguns alimentos acondicionados em embalagens diversas. Porém, devem ser observados os teores utilizados de glicerol (aditivo) em alimentos pelo fato de ter sido constatado em ratos e cobaias a sua toxicidade. Experimentos com ratos constataram que 50% da população foi a óbito (DL50) ao consumir doses orais de glicerina de 470 mg/kg e cobaias (ratazanas) de 7.750 mg/kg via cutânea.

A administração intravenosa de soluções contendo 5% de glicerol em animais ou humanos não causou efeitos tóxicos ou indesejáveis. O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH) classifica na toxicidade aos organismos aquáticas (peixes, crustáceos e algas) TLm (96 h), como risco insignificante, ao consumo de glicerol maior que 1.000 mg/L (HANN et al.,1974).

3.0 FONTES OLEAGINOSAS PARA O COMBUSTIVEL RENOVÁVEL

As fontes de matérias primas para produção de combustíveis renováveis são bem diversificadas, entretanto, as principais fontes para a produção de biodiesel são: óleos vegetais; óleos e gorduras residuais e gorduras animais.

Os óleos vegetais são enquadrados na categoria de óleo fixos e essenciais ou voláteis. As oleaginosas mais comercializadas no Brasil que se tem atualmente conhecimento são algodão (*Gossypium hirsutum* L), soja, mamona, gergelim, palma, milho, canola, babaçu, amendoim, entre outros vegetais. Os óleos essenciais não são apropriados como matérias primas para a produção de biodiesel, por serem óleos voláteis constituídos de misturas de terpenos e fenóis, dente outras substâncias aromáticas (SILVA, 2005). São exemplos de óleos essenciais: óleo de pinho, óleo de casca de laranja, óleo de nhandiroba, óleo de marmeleiro, óleo de casca da castanha de caju, entre outros.

As gorduras animais são semelhantes, nas suas estruturas químicas aos óleos vegetais, sendo diferenciados na distribuição e nos tipos dos ácidos graxos combinados com o glicerol; assim, podem ser transformados em biodiesel: sebo bovino, gordura de frango, óleo de peixe, óleo de mocotó, banha de porco, entre outras.

Os óleos reutilizados ou gorduras residuais são os resultantes de processamentos domésticos, comerciais e industriais; os esgotos ricos em matéria graxa, possível de

extraírem-se óleos e gorduras, águas residuais de processos de indústria de alimentos, como de pescados, couro etc.

As matérias-primas citadas acima são compostas por triacilglicerídeos, proveniente de fontes de lipídios renováveis. Portanto, pode ser usado puro ou em misturas com diesel, ou com álcool nos motores ciclo a diesel já que possuem alto índice de cetano.

Segundo Zagonel (2000), para tentar reduzir as “não conformidades” do óleo vegetal em motor diesel, atribuíram-se algumas soluções, tais como: diluição de óleos vegetais com diesel fóssil, formação de microemulsões dos óleos vegetais com alcoóis de cadeia curta, pirólise dos óleos vegetais e reação de transesterificação.

Estas não conformidades são do tipo: ocorrências de excessivos depósitos de carbono no motor dos veículos; obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; diluição parcial do combustível no lubrificante; comprometimento da durabilidade do motor e aumento considerável em custo de manutenção.

Knothe e Steidley (2005); Meher et al., (2006), afirmaram pelos seus estudos que os óleos vegetais “in natura”, não são ideais para aplicações diretas ao motor, por apresentar “não conformidade” do tipo: obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; aumento considerável em custo de manutenção; diluição parcial do combustível no lubrificante; ocorrência de excessos de depósitos de carbono no motor e comprometimento da durabilidade do motor.

3.1 Combustíveis renováveis

As energias provenientes de fontes renováveis são atualmente promissoras frentes às energias de fontes fósseis, por permitirem um fornecimento de energia sustentável, um menor impacto ambiental (menor quantidade de enxofre e nitrogênio são emitidas) e uma redução na dependência de combustíveis fósseis (DORIAN et al., 2006; WIHERSAARI, 2005; MCHENDRY, 2002; BAIRD, 2002).

De acordo com Ferrari et. al., (2005) e Goldemberg (2005), a maior parte de toda energia consumida no mundo deriva do petróleo, do carvão e do gás natural, que correspondem, aproximadamente, 80% de toda energia primária consumida. Essas fontes, além de serem limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, provocam sérios efeitos negativos ao meio ambiente intensificando, assim a busca por novas fontes de energias renováveis.

A presença de fontes renováveis na matriz energética do Brasil é bastante significativa, principalmente a hidroeletricidade e a biomassa, onde esta última representa a principal alternativa de substituição frente ao petróleo (BAIRD, 2002).

A biomassa tem despertado muitas atenções nesta década passada por se tratar de fonte de energia renovável e por seu uso sustentado não provocar danos ao meio ambiente. Dentre as fontes de biomassa consideradas adequadas e disponíveis para a consolidação de programas de energia renovável, os óleos vegetais têm sido priorizados por representarem alternativas para a geração descentralizada de energia, atuando como forte apoio à agricultura familiar, criando melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando as potencialidades regionais e ofertando alternativas aos problemas econômicos e socioambientais de difícil solução (RAMOS et al., 2003).

Segundo Mattos e Cardoso (2003), o Brasil estava entre os maiores produtores de mandioca do mundo e era o responsável por cerca de 12% da produção de mandioca mundial. Na distribuição da produção pelas diferentes regiões geográficas brasileiras, o nordeste se destacava com uma participação de 36% da produção, embora tendo tido apresentado o menor rendimento médio de 10,7 ton./ha.

Em 2007, segundo o IBGE (2008) a produção de mandioca brasileira era de 27.312.946 toneladas o que correspondeu, aproximadamente, a 1,9 milhões de hectares plantados, com rendimento médio de 14 ton./ha. Deste total produzido por volta de 40% são voltados para a produção de farinha, 30% para alimento de mesa, outros 10% para amido e o restante para alimento animal.

Atualmente, o Brasil continua entre os principais países produtores de mandioca ocupando a segunda colocação no ranking mundial, com 26 milhões de toneladas (Tabela 4). De certa forma a produção brasileira de mandioca não apresenta variações significativas e nas últimas safras o volume alcançado se estabilizou em torno de 25 e 26 milhões de toneladas. Hoje, no mundo a mandioca é produzida por mais de 80 países.

A mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, mas a sua concentração maior é na Região Nordeste, que representa valores em média de 35% da produção. Esta preferência se justifica devido à maior resistência às frequentes secas desta região, quando comparado aos plantios de milho e feijão, pois estes são mais exigentes em volume de chuvas.

Os principais estados produtores da mandioca no nordeste são: Bahia, Maranhão e o Ceará. Na região norte o Pará continua liderando a produção brasileira de mandioca. Na região sudeste menos de 10% da produção brasileira de mandioca é cultivado, estando São

Paulo, sendo considerado o principal polo de comercialização deste tubérculo. A região sul possui maior número de indústrias, com destaque as de produção de fécula, sendo considerada indústria de médio e grande porte. O estado do Paraná é o principal produtor da região, responde em média por 70% da produção agrícola na região sul e contribui com 65% do volume de fécula.

Tabela 4
Brasil: Mandioca área e produção – 2005 a 2012

Anos	BRASIL (BR)		PARANÁ (PR)		PRODUÇÃO
	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	Área (1000 ha)	Produção (1000 t)	PR/BR
2005	1902	25.872	167	3347	12,9
2006	1897	26.639	170	3800	14,3
2007	1900	27.313	150	3400	12,8
2008	1889	26.703	179	3900	14,6
2009	1761	24.404	153	3660	15,0
2010	1787	24.524	172	4013	16,4
2011	1754	26.128	184	4174	16,0
2012	1787	26.10	178	4087	15,7

Fonte: IBGE, SEAD/DERAL, 2013.

Obs.: t - tonelada, ha - hectare

Na cultura da mandioca é necessário informar que a mão de obra é o componente do custo de produção com maior valor, variando entre 50 e 60%. Esta cultura utiliza o coeficiente de 0,2 homens por hectare ano. Estima-se que na safra 2011/2012 se empregou cerca de 35.600 trabalhadores nos 178 hectares plantados com mandioca.

Uma das alternativas discutidas na atualidade são os investimentos em destilarias para a produção de álcool a partir deste produto. Muitas são as opiniões sobre a rentabilidade econômica da empresa. Mais a problemática encontrada por produtores e processadores do produto está em encontrar alternativas economicamente viáveis para diversificar o emprego da matéria prima raiz de mandioca.

Das variedades existentes de mandioca a “brava” é destinada às indústrias de transformação e seus derivados são farinha, fécula e farelo (GUSMÃO et al., 2006).

A chegada do século XXI trouxe novos enfrentamentos à humanidade, sendo um dos maiores desafios encontrarem formas de energia que não causem impactos ambientais, como exemplo, uso de veículos movidos por energia limpa. As energias limpas renováveis são das mais promissoras, principalmente, aquelas energias oriundas da biomassa (etanol), dos

vegetais oleaginosos (biodiesel), energia eólica, energia solar, hidroeletricidade, célula de hidrogênio, entre outras.

A mandioca pode ser empregada com sua biomassa para produzir etanol. Este tipo de geração de energia não causa impacto ambiental, são as fontes de energias que não jogam gases poluentes na atmosfera. As energias limpas não contribuem para emissão de gases que agravam o efeito estufa. Pois, o material orgânico (biocombustível) ao ser queimado libera dióxido de carbono (CO_2), que volta a natureza se fixando no vegetal durante seu crescimento por meio do processo de fotossíntese. Desta forma, o balanço de carbono fica igual a zero para a atmosfera

Novas alternativas de diversificação da produção de mandioca estão surgindo e atualmente à transformação em álcool está sendo muito cogitada. O potencial máximo estimado em condições ótimas, através de modelos matemáticos de crescimento, prevê que bons genótipos possam produzir até 90 ton./ha/ano de raízes ou 30 ton./ha/ano de matéria seca. No entanto, em condições estressantes a mandioca tem vantagens comparativas a outras culturas pela tolerância a fatores abióticos e bióticos.

No que se refere à utilização da mandioca como insumo na alimentação animal, principalmente de ruminantes. Podemos afirmar que possui qualidade nutricional e volume para alimentar considerável quantidade de animais, por exemplo: 10 hectares de mandioca produzem parte aérea suficiente, para alimentar durante três meses um plantel de 100 animais (bovinos) em regime de engorda com pequenas complementações nutricionais. Considerando-se a produtividade de 45 ton./ha e a composição bromatológica é possível alimentar 1.500 animais (bovinos) por dia/ha em regime de engorda. No que se refere à utilização como insumo energético, a rama da mandioca não difere do padrão de outras biomassas. O poder calorífico de ramas secas foi considerado de 15,76 MJ/kg (CERQUEIRA LEITE, 2005).

A cultura da mandioca é de ciclo rápido, que pode ser fonte de renda, além de contribuir para a sustentabilidade do meio ambiente. A sustentabilidade ambiental deve contemplar, além dos impactos ambientais na etapa produtiva da matéria prima, as considerações sociais a cerca da produção desses produtos.

Com emprego de tecnologias voltadas a agricultura familiar para a produção de alimento animal com caráter social integrador e não excludente, visando o seu aproveitamento nas políticas publica com finalidade de aperfeiçoar o sistema produtivo e minimizar impactos socioeconômicos negativos, tais como: baixo consumo de capital, fluxo constante de caixa,

novas variedades, equipamentos desenvolvidos por pequenos produtores, conflitos de preços entre agricultor e agroindústria, geração de emprego, competência e renda.

A mandioca tem um grande potencial de utilização para a produção do álcool etílico por suas características biológicas que podem colaborar substancialmente para diminuir os impactos sociais e ambientais decorrentes da produção desta como *diet*. Porém, o potencial é muito pouco aproveitado porque seu desenvolvimento tecnológico sofreu melhorias num passo lento e muito aquém do necessário. Suas potencialidades naturais somente poderão ser aproveitadas mediante um forte apoio do setor público para a formação de recursos humanos, desenvolvimento de tecnologia e transferência para o setor produtivo.

3.1.1 Biocombustível

Com a crise do petróleo nos anos de 1970 e a perspectiva de preços crescentes para os combustíveis fósseis, começaram a se viabilizar uma série de fontes alternativas de energia entre elas o emprego de óleos vegetais, por sua própria natureza renováveis, em substituição a combustíveis fósseis, cujas reservas são finitas.

O óleo diesel é atualmente o derivado de petróleo mais consumido no Brasil (mais de 40 bilhões de litros/ano) e, considerando o perfil e a produção nas refinarias brasileiras, uma fração crescente deste produto vem sendo importado (aproximadamente, 5.3 bilhões de litros/ano). Além disso, a poluição do ar, as mudanças climáticas e a geração de resíduos tóxicos resultantes do uso do diesel e de outros derivados de petróleo têm significativo impacto na qualidade do meio ambiente.

Neste panorama surge o biodiesel como uma alternativa de grande potencial, visto ser de fontes renováveis da biomassa, sendo considerado um combustível “ecologicamente correto”, pois reduz de maneira significativa a emissão de poluentes, tais como o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos não queimados nos veículos, sendo praticamente isento de enxofre e substâncias aromáticas cancerígenas comuns aos derivados de petróleo.

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, “biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável, para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 2005). Uma mistura que contenha 20% de biodiesel e 80% de diesel mineral é chamada de B20.

O biodiesel é um éster alquílico de ácidos graxos, obtido através de um processo de transesterificação, que envolve a reação do óleo vegetal, obtido através do

processamento/esmagamento de oleaginosa, com álcool, utilizando como catalisador a soda cáustica (NaOH) e tendo como principal coproduto a glicerina (LUCENA, 2004).

Os óleos vegetais para a geração de eletricidade podem substituir total ou parcialmente o combustível diesel em motores do ciclo Diesel, sem a necessidade de adaptação. Esses óleos podem ser modificados ou “in natura”. Os óleos modificados também são chamados de biodiesel e podem ser obtidos por pirólise e por transesterificação, que consiste numa reação entre óleo vegetal e álcool (etílico ou metílico), em meio ácido ou alcalino, também conhecida como alcoólise.

Em, 1975 a questão começou a ser analisada no Brasil, resultando no Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins energéticos – Proóleo. Datam dessa época os primeiros estudos e patentes brasileiras para a tecnologia, empregando, sobretudo óleos de soja e metanol. O óleo de algodão é o mais antigo óleo vegetal produzido industrialmente e consumido em larga escala no Brasil. É um subproduto da produção da fibra. A planta pertence à família das malváceas. O óleo é extraído do caroço do algodão, o qual contém de 18 a 25% de óleo. Em 2014, com aumento da produção do amendoim e da soja, a importância do óleo de algodão como óleo alimentar básico diminuiu.

Com a queda dos preços do petróleo em meados da década de 1980, porém, muitas dessas iniciativas foram descontinuadas.

Segundo Oliveira (2001) são várias as instituições que desenvolvem atividades com biodiesel, a saber: INT, CENPES, TECPAR, UFPR/CEFET e CIENTEC utilizam óleos de soja; NUTEC (mamona, óleos reciclados), UESC (dendê) e UFRR (buriti).

3.1.2 Biodiesel no mundo

Segundo Souza (2007), a primeira experiência química de transformação de óleo vegetal para obtenção de biocombustível foi realizada pelos cientistas E. Duffy e J. Patrick, em 1853.

Como saída promissora para a substituição dos combustíveis minerais derivados do petróleo foram, mundialmente, implementadas diversas pesquisas com óleos vegetais, as quais deram origem ao biodiesel. Este biocombustível, aplicado em motor veicular na forma pura ou em mistura (na proporção previamente recomendada) ao óleo diesel, já é utilizado em larga escala em vários países, não restando mais dúvida de que se trata de um excelente combustível renovável, que contribui para a redução dos níveis de poluição ao Meio

Ambiente. O caráter renovável torna o produto uma fonte importante de energia ao longo prazo.

Outra característica importante do biodiesel é sua contribuição para a melhoria da qualidade do ar atmosférico, devido à redução na emissão de gases poluentes (óxido de nitrogênio - NOx, monóxido de carbono – CO, etc.) e do enxofre liberados na atmosfera.

Segundo Ecooleo (2005), apud Souza (2007), o primeiro motor a diesel que logrou êxito no seu funcionamento data de 1893, tendo sido criado na Alemanha por Rudolf Diesel, que o apresentou oficialmente na França, em 1898. O combustível usado neste motor era óleo de amendoim (biocombustível), obtido por processo químico de transesterificação. Na África os veículos pesados foram utilizados em experimentos conduzidos por cientistas norte-americanos durante a década de 1940, quando buscavam uma maneira mais rápida de produzir glicerina para alimentar bombas, no período da guerra.

A tabela 5 apresenta a evolução histórica da produção de biodiesel por alguns países no período de 2002 – 2008.

Tabela 5
Estimativa de produção de biodiesel por países, no período de 2002 a 2008.

País/Ano	Produção (em milhões de toneladas)						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Europa total	1.073	1.544	1.935	3.194	3.000	4.000	5.200
Alemanha	450	715	1.035	1.670	2.000	3.284	3.193
França	363	357	348	492	-	991	2.063
Itália	210	273	320	396	-	1.728	2.644
EUA	50	67	83	250	336	499	741
Brasil	-	-	69	176	238	300	1.167
Austrália	27	27	29	36	187	268	350

Fonte: Steenblik, 2009.

Da tabela acima a Alemanha se mostra com a maior produção de biodiesel durante o período de 2002 a 2008, estando no topo como o maior produtor e consumidor mundial de biodiesel, sendo o responsável por cerca de 42% da produção mundial. Este país desenvolveu um importante programa de biodiesel, utilizando a colza (canola) como matéria prima, onde se destaca como um dos maiores produtores deste biocombustível.

Segundo Biodieselbr (2006), a Alemanha se encontra em plena utilização do biodiesel como combustível, se destacando pela sua considerável produção e aceitabilidade (consumo/distribuição) desse tipo de biocombustível.

A produção deste biocombustível na Alemanha é realizada a partir da colza (canola), principalmente, para nitrogenação do solo. A extração do óleo vegetal oriundo da canola gera um coproduto (farelo protéico), que é aplicado como principal ingrediente (base) para fabricação/formulação de ração animal. O óleo vegetal obtido é distribuído de forma pura, isento de misturas ou aditivos, para a rede de abastecimento de combustíveis que é composta por cerca de 1700 postos.

A evolução da comercialização anual de biodiesel (em toneladas) na Alemanha, no período de 1991 a 2005, pode ser analisada pela figura 1.

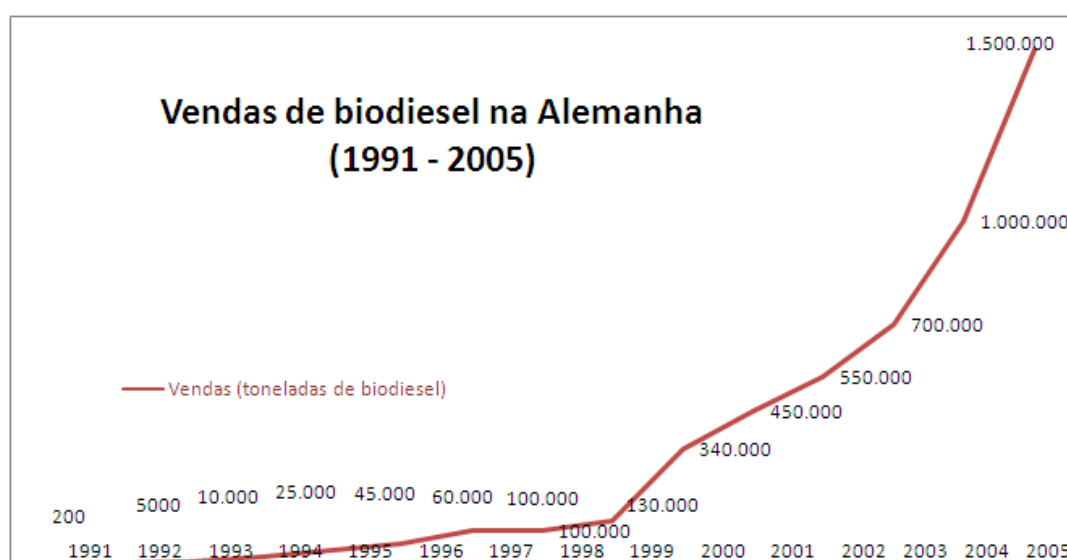


Figura 1: Evolução das vendas anuais de biodiesel na Alemanha

Fonte: (Biodieselbr, 2006)

Existem biocombustíveis sólidos (biomassa, briquete, carvão mineral, etc.) e líquidos, estes últimos possuem potencial de utilização equivalente aos combustíveis fósseis. Dentre eles podemos citar o combustível derivado do etanol (ETBE), o metanol e derivado do Metanol (MTBE), o biodiesel e o etanol. Os biocombustíveis vêm sendo testados atualmente em diversas partes do mundo. Países como Estados Unidos da América, Malásia, Alemanha, França, Itália já produzem biodiesel comercialmente estimulando o desenvolvimento da escala industrial. O processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa no início dos anos 90. Mesmo a primeira patente de biodiesel, tendo sido desenvolvido no Brasil no Estado do Ceará. Mundialmente, o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala é a Europa.

Na Europa, por exemplo, emprega-se a oleaginosa canola para a obtenção de biodiesel e, em menor escala e com mais problemas, o girassol.

A indústria de motores apóia a mistura de 5% de biodiesel ao óleo diesel mineral, mas alguns fabricantes chegam a dar garantia de bom funcionamento com misturas de até 30%.

Na França toda a frota de ônibus urbanos já emprega uma mistura que varia de 5 a 30% de biodiesel, por exemplo. Existe, além disso, uma frota europeia de veículos leves, coletivos e de carga inteiramente movidos a biodiesel, o que acarretou na multiplicação do consumo desse combustível “limpo” naquele continente.

A União Europeia produz anualmente mais de 1,35 milhões de toneladas de biodiesel, em cerca de 40 unidades de produção. Isso corresponde, a 90% da produção mundial de biodiesel.

As empresas autorizadas para utilizar biodiesel, tanto no segmento de carros de passeio, quanto de máquinas agrícolas e veículos de carga são: Audi, BMW, Citroen, Mercedes, Peugeot, Seat, Skoda, Volvo e Volkswagen.

A companhia Canadense de biotecnologia Purthanol Resources, que tem foco o mercado de Agroenergia – está trabalhando numa tecnologia que permitirá aos fabricantes de biodiesel aproveitar o subproduto da obtenção do biodiesel a “glicerina bruta” (coproduto produzido do óleo na obtenção do biodiesel), que pode ser convertido em mais biodiesel. A rota tecnológica desenvolvida utiliza este coproduto como substrato, para o crescimento de leveduras e de fungos ricos em ácidos graxos (BIODIESELBR, 2014).

A produção de biodiesel no Brasil vem evoluindo gradativamente, como pode ser visualizada pela tabela 6, que em 2009 atingiu 1.608.448 m³ de biodiesel, tendo alcançado em 2013 o montante de 2.917.488 m³ deste biocombustível. Segundo os dados da Agencia Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustível (2014), até setembro de 2014 a produção de biodiesel foi contabilizada em 2.435.835 m³ de biodiesel.

A tecnologia do processamento de biodiesel, ainda não é dominada totalmente no território brasileiro, porém se encontra em fase de aperfeiçoamento da técnica de extração do óleo vegetal, com implantações de novas instalações industriais.

A figura 2 mostra a produção mundial de biocombustível (biodiesel), em bilhões de litros no ano de 2010.

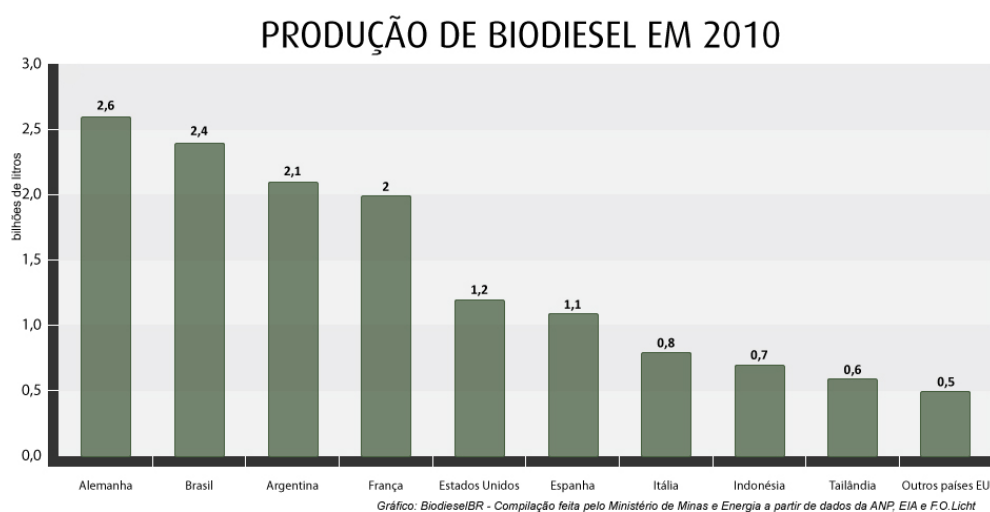


Figura 2: Produção mundial de biodiesel, em 2010.

Fonte: (Biodieselbr, 2011)

Da figura 2 podemos constatar que em 2010, as usinas brasileiras produziram 2,4 bilhões de litros de biodiesel, apenas 7,7% a menos que os 2,6 bilhões produzidos pela Alemanha no mesmo período. A Argentina atingiu a terceira colocação com produção de 2,1 bilhões de litros de biodiesel.

A Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN₂₁) apresentou em setembro de 2014 um relatório, que mostrou os 16 maiores produtores de biodiesel do ano de 2013 e concluiu que a produção de biodiesel internacional cresceu cerca de 11% entre 2012 e 2013.

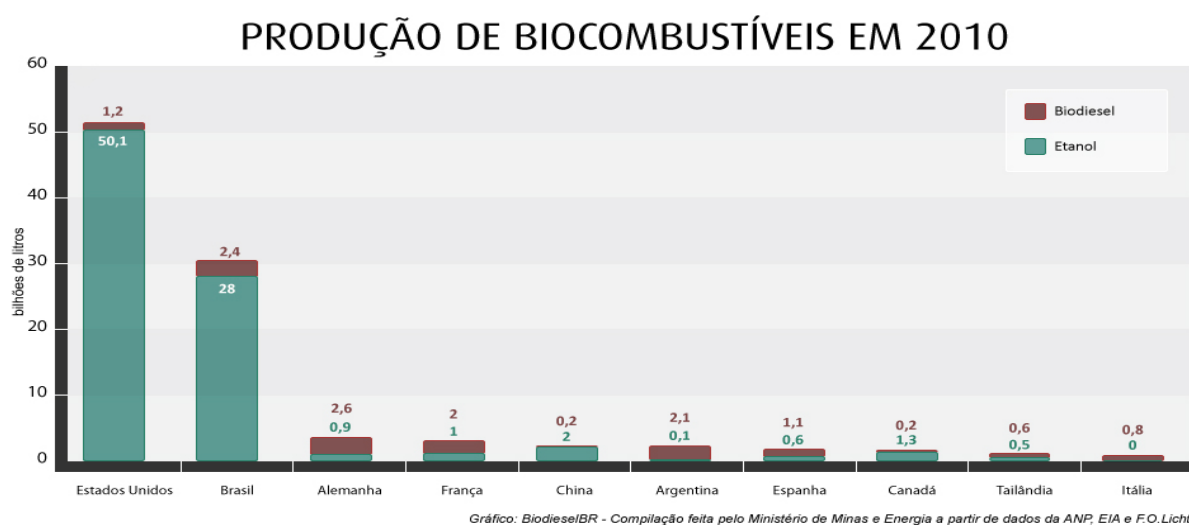


Figura 3: Produção Mundial de biocombustível (biodiesel), em 2010

Fonte: (Biodieselbr, 2011).

A figura 3 apresenta a produção mundial de biocombustível (biodiesel) no ano de 2010, onde o Brasil se encontra no segundo lugar na produção de biodiesel (produção total 30,4 bilhões de Litros), abaixo dos EUA (51,3 bilhões de litros). A Alemanha aparece no terceiro lugar.

A tabela 6 apresenta a produção do biodiesel no Brasil, em 2009 – 2014.

Tabela 6
Produção (m³) de biodiesel no Brasil, no período de 2009 a (setembro) 2014.

Mês	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Janeiro	...90.352	147.435	186.327	193.006	226.505	245.215
Fevereiro	...80.224	178.049	176.783	214.607	205.738	240.529
Março	131.991	214.150	233.465	220.872	230.752	271.839
Abril	105.458	184.897	200.381	182.372	253.591	253.224
Maio	103.663	202.729	220.484	213.021	245.934	242.526
Junho	141.139	204.940	231.573	214.898	236.441	259.571
Julho	154.557	207.434	249.897	230.340	260.671	302.971
Agosto	167.086	231.160	247.934	254.426	247.610	314.532
Setembro	160.538	219.988	233.971	252.243	252.714	305.428
Outubro	156.811	199.895	237.885	251.416	277.992	-
Novembro	166.192	207.868	237.189	245.321	265.176	-
Dezembro	150.437	187.856	216.870	244.962	214.364	-
Total...	1.608.448	2.386.399	2.672.760	2.717.483	2.917.488	2.435.835

Fonte: ANP, 2014 (dados de 06 de nov. de 2014).

3.1.3 Biodiesel no Brasil

As diversas pesquisas realizadas no território brasileiro revelam que a grande extensão territorial brasileira e seu clima propício ao cultivo de sementes de oleaginosas favorecem a exploração de biomassa, para fins alimentícios, energéticos e químicos.

Os bons resultados no segmento de biodiesel no Brasil, em parte podem ser explicados pela demanda doméstica de óleo diesel que vem se mantendo aquecida – frente a uma queda no consumo alemão. Com base no consumo de biodiesel brasileiro (de janeiro a abril de 2010) e Alemão, podemos afirmar que foram consumidos 786 milhões de litros de biodiesel contra 762 milhões de litros, respectivamente.

Da produção de biocombustível de semente oleaginosa surge em paralelo o “coproduto” ou material residual denominado de torta do vegetal industrializado.

Devido a procura de vegetal oleaginoso para a produção de biodiesel, o governo paraibano vem dando incentivos aos agricultores para novos cultivos oleaginosas. Os incentivos financeiros foram disponibilizados mediante apresentações de projetos aprovados pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento da Paraíba e pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento e Produtos Agropecuários – MAPA.

A figura 4 ilustra as diferentes regiões brasileiras e suas respectivas culturas oleaginosas exploradas pelos agricultores para produção de biodiesel.

O fator de ocupação da terra, geração de rendas e possibilidade de produção de cultura oleaginosa sem uso da irrigação são alguns itens que podem motivar o homem do campo no esforço de cultivo de plantas oleaginosas no nordeste. A semente de algodão é composta pela casca, pluma, caroço e “linter”. O caroço de algodão fornece muito óleo, sendo $\frac{3}{4}$ do tipo insaturado. Esta semente aparece como o principal objeto de interesse econômico do cultivo das oleaginosas e do comércio do algodão, que se encontra entre as dez principais oleaginosas a nível mundial. Sendo, a principal matéria prima para uma série de outras indústrias.

O caroço de algodão é composto por, aproximadamente, 7,4% de lintier, 60,6% de amêndoas e 32% de cascas.



Figura 4: Produção de oleaginosas no Brasil

Fonte: (Ass. Bras. das Ind. de óleos vegetais/Adaptado pelo Dep. Econ. FAESP, sd.)

Segundo Nacional Biodiesel Board dos EUA o território brasileiro tem condições de liderar a produção mundial de biodiesel promovendo a substituição de 60% da demanda mundial de óleo diesel mineral. Diversas são as culturas oleaginosas plantadas no país, que possuem potencial para serem utilizadas como matéria prima na produção de biodiesel, tais como, algodão, a soja, a mamona, o dendê, entre outras.

A tabela 7 apresenta o nº de usinas com Registro Especial na RFB (MF) no Brasil, sua capacidade instalada em mil m³ biodiesel/ano, percentual, autorizado a comercializar biodiesel pela Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível.

Tabela 7

Usinas de biodiesel por região no Brasil autorizada a comercializar o biocombustível

Região	Nº de Usina	Capacidade Instalada	
		(mil m ³ /ano)	(%)
Norte	06	193	3
Nordeste	06	741	13
Centro Oeste	24	2.030	36
Sudeste	13	1.101	20
Sul	09	1.544	28
Total	58	5.609	100

Fonte: Boletim mensal dos Combustíveis Renováveis – MME (março/2011).

A comercialização do óleo da semente do algodão depende diretamente da negociação econômica do algodão (em caroço). Apresenta-se como uma importante fonte de celulose, de gordura insaturada para o consumo humano, de proteína para os animais (torta e farelo), produção de biodiesel e de fertilizantes.

As figuras 5 (a), 5(b), 5(c) e 5(d) ilustram os cultivos de algodão durante as atividades de colheitas manual e mecânica, com detalhes da flor e das fibras (plumas) de diferentes tonalidades.



(a).Colheita manual (b) Colheita mecanizada (c) Flor Fibras (plumas)

Figura 5: Algodão - (a) colheita manual, (b) colheita mecanizada, (c) flor, (d) fibras (plumas)

Fonte: (Secretaria de Agricultura e Abastecimento da Paraíba, 2008)

Com a produção de sementes classificadas com teor de óleo suficiente a extração sustentável, resta ao agricultor investir nesta alternativa, seguindo com o novo conhecimento desta tecnologia para a produção do biocombustível, sem dispensar a atenção aos coprodutos desta industrialização com vista no seu aproveitamento para produção de insumo alimentar animal.

Porém, vale salientar que o excesso de óleo é prejudicial à flora microbiana do rúmen, diminuindo a digestibilidade da fibra e da energia contidas na dieta, além de provocar diarreias nos animais. Quando utilizado para alimentação animal recomenda-se não ultrapassar o teor de 5,0% de gordura na matéria seca da dieta de ruminantes.

Com vista no aproveitamento produtivo dos derivados da semente de algodão, enfatizamos que em reunião aprovada por unanimidade na Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel acontecida em Brasília/DF, em 28/03/2014, sob a presidência de Odacir Klein, foi aprovado um dossiê no qual favorece a apresentação do novo marco regulatório para o Setor do Biodiesel e do aumento da mistura obrigatória nos derivados de petróleo. Este dossiê foi enviado ao atual titular do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, ministro Neri Geller. Geller ao ser indagado sobre o teor deste dossiê divulgou a real possibilidade de aumento da mistura dos biocombustíveis (biodiesel e etanol) empregados no Brasil (BIODIESELBR, 2014).

Segundo Biodieselbr (2014), a oferta brasileira de biodiesel para o 36º leilão (2ª etapa) realizado durante o período de 7 a 11 de abril de 2014, foi de 735,2 milhões de litros, tendo sido disponibilizado a venda pelas usinas, atingindo um patamar de 64,4% da capacidade produtiva industrial. A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP, 2014) organizadora do deste leilão considerou ser esta uma demanda fraca de biodiesel, tendo

em vista, ser o menor volume disponibilizado para alienação desde que os certames se tornaram bimestral.

3.1.4 Biodiesel na Paraíba

O governo federal vem orientando os dirigentes dos órgãos estaduais ligados ao fomento agrícola e a população de agricultores brasileiros a promover novos plantios de sementes oleaginosas (algodão, pinhão manso, girassol, etc.), para aumentar a oferta de cultivares oleaginosos, direcionados para produções de biocombustíveis e seus coprodutos específicos, como insumos diversos.

Com relação à cultura do algodão o Estado da Paraíba elaborou o zoneamento das microrregiões que se prestam ao cultivo, tendo sido classificados quanto às variedades cultivadas, como arbórea e herbácea.

Em 2010, alguns órgãos municipais ligados a Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado da Paraíba e a Assembleia Legislativa de João Pessoa/PB organizaram um evento para divulgar a Campanha de Adesão ao cultivo de Oleaginosas. O evento intitulado I Seminário Nordeste de Desenvolvimento Sustentável: pinhão manso na agricultura familiar tratou de assuntos voltados aos cultivos de subsistência e de vegetação oleaginosa, visando à produção sustentável de biocombustível.

A figura 6 mostra o zoneamento da cultura do algodão da Paraíba, em detalhes destaca as mesorregiões cultivadas com algodão herbáceo e arbóreo. Este cultivar em 2008 mostrou uma maior intensidade em área plantada no semiárido, agreste, brejo e no sertão da Paraíba.

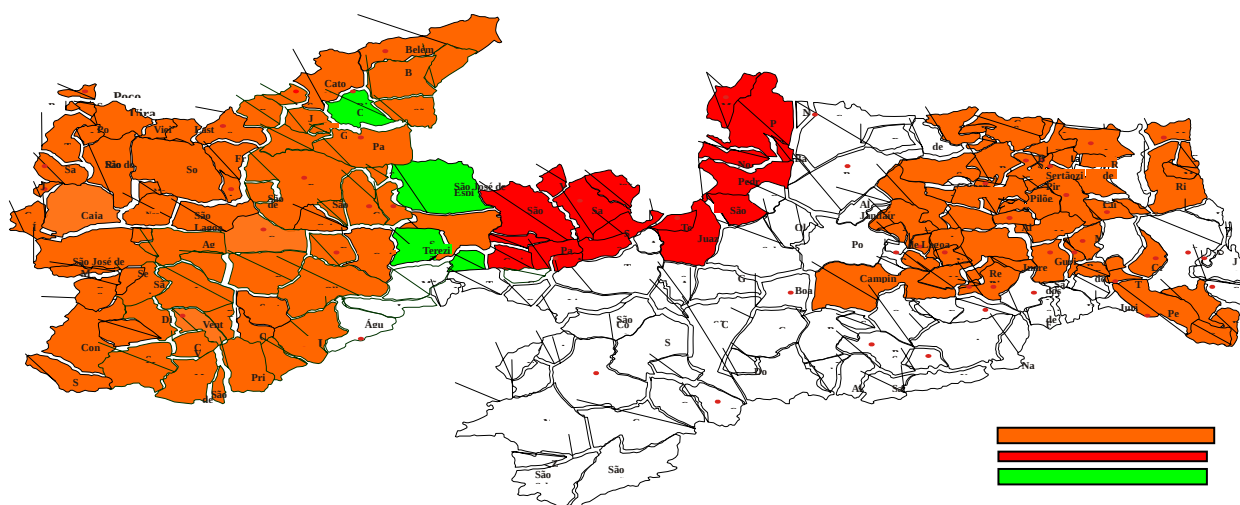


Figura 6: Zoneamento da Cultura do Algodão na Paraíba.

Cultivar/município por cor: Laranja – algodão herbáceo; vermelho – algodão arbóreo; verde – algodão arbóreo e herbáceo

Fonte: (Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado da Paraíba, 2008).

Da produção da semente oleaginosa surge o biocombustível, que dá sua industrialização se obtém diferentes produtos e os coprodutos que vão agregar empregos e rendas a maioria dos nordestinos. Esta atividade de ocupação rentável há tempos vem sendo procurada. Sendo importante frisar que o cultivo do algodão não necessita de equipamentos e implementos agrícolas de elevado poder aquisitivo.

Considerando, que o incentivo econômico foi disponibilizado aos agricultores cadastrados pelos projetos no tempo oportuno, um dos objetivos do I Seminário Nordeste de Desenvolvimento Sustentável promovido na Paraíba: foi de promover técnicas sustentáveis empregadas no cultivo do pinhão manso para a agricultura familiar e fomentar novos plantios de espécies oleaginosas nas áreas zoneadas do Estado da Paraíba, visando à produção de biodiesel de forma segura, rentável e com sustentabilidade ambiental/social, contribuindo para a valorização da mão de obra e fixação do homem no campo.

Quanto aos aspectos ambientais o cultivo de sementes oleaginosas e consequente produção do biocombustível reduzem as emissões de gases de efeito estufa e seu insumo pode ser em parte, transformado em alimento para os animais do campo. E ainda, todas as usinas que produzirem o combustível “limpo” podem receber do Ministério do Desenvolvimento Agrário um “selo combustível social”, que é concedido aos produtores pela sua promoção, inclusão social e desenvolvimento regional.

A tabela 8 apresenta os dados estatísticos da população Paraibana instalada nas zonas urbana e rural, bem como, a área ocupada por microrregião no Estado da Paraíba, em 2004.

Tabela 8

Estatística populacional das microrregiões do Estado da Paraíba

Microrregião da Paraíba	Área (km ²)	População urbana (hab.)	População rural (hab.)
Mata Atlântica	5.253,50	1.044.085	149.374
Agreste	3.078,30	757.011	393.351
Borborema	15.555,30	150.131	126.808
Semi-Árido	50.926,14	1.232.095	734.618
Sertão	22.697,50	492.363	326.221

Fonte: IBGE, 2004.

Da tabela acima pode ser verificado que a microrregião do semiárido se mostra com maior área (km²) e a população rural (734.618 hab.) instalada, em seguida vem o Agreste, Sertão, Mata Atlântica e finalmente, a microrregião do Planalto da Borborema.

A Paraíba se apresenta como uma grande produtora de algodão herbáceo, chegando a ocupar lugar de destaque na região nordestina. Esta planta classificada dentro do gênero *Gossypium*, pertence à família malvácea, possui uma estrutura organografia singular com dois tipos de ramificações, apresentando ramos frutíferos e vegetativos, dois tipos de macrofilos, flores completas possuindo um terceiro verticilo floral, as brácteas, que faz uma proteção extra e pode possuir, na base interna e externamente, glândulas de secreção, além de apresentar prófilos, folhas sem bainha com duas estípulas, dois tipos de glândulas e pelo menos duas gemas na base de cada folha (BELTRÃO, 1999).

De acordo com Boccardo (2004), o rendimento em óleo de algodão varia de 0,1 – 0,2 (t/ha), com três meses de colheita e com ciclo de máximo de eficiência anual.

A tabela 9 apresenta a produção de algodão herbáceo na Paraíba (PB), Nordeste (NE) e Brasil (BR), no ano de 1990 a 2001.

Tabela 9
Produção de Algodão herbáceo (em caroço) na Paraíba,
no nordeste e no Brasil, de 1990 a 2001

Ano	Área colhida (ha)			Produção (mil frutos)			Produtividade (frutos/ha)		
	PB	NE	BR	PB	NE	BR	PB	NE	BR
1990	24.508	334.152	1.391.884	11.552	151.324	1.783.175	471	458	1.281
1991	24.266	334.500	1.485.963	15.628	216.843	2.041.123	644	648	1.373
1992	32.458	359.520	1.594.036	14.117	167.268	1.863.077	434	465	1.168
1993	7.923	180.825	922.593	2.239	112.841	1.127.364	282	624	1.221
1994	21.666	404.200	1.060.564	18.437	285.027	1.350.814	850	705	1.273
1995	24.287	359.181	1.103.536	17.747	171.522	1.441.526	730	476	1.306
1996	14.152	199.070	744.898	9.267	88.071	952.013	654	442	1.278
1997	16.506	268.545	620.417	14.441	129.539	821.271	874	482	1.323
1998	2.773	160.138	825.029	1.836	57.872	1.172.017	662	361	1.420
1999	10.255	131.292	669.313	5.978	104.750	1.477.030	582	797	2.206
2000	23.530	226.998	801.618	17.073	244.201	2.007.102	725	1.075	2.503
2001	6.258	123.778	875.107	2.535	206.570	2.643.524	405	1.668	3.020

Fonte: IBGE – Paraíba, NE- Nordeste, BR - Brasil

O algodão arbóreo a cada ano diminui sua área cultivada, sendo substituídas pelo algodão herbáceo que é mais produtivo, mais resistentes as pragas e as doenças e é totalmente mecanizável.

A tabela 10 apresenta a área colhida, produção e produtividade de algodão em caroço na região centro-oeste brasileiro.

A região brasileira de maior produção da cultura do algodão é Centro-Oeste, onde a agricultura do cerrado é altamente tecnificada, moderna e empresarial, o que confere ao algodão brasileiro qualidade superior ou equivalente aos melhores algodões do mundo. Nas outras regiões do Brasil o cultivar de algodão desenvolvido é produzido no ambiente com uso de baixo padrão tecnológico, sendo o plantio realizado de forma convencional, com o uso da mesma área com a cultura por safras seguidas, aração e gradagens inadequadas, além de outras práticas agrícolas não recomendadas.

Tabela 10
Área colhida, produção e produtividade de algodão em caroço
na região Centro-Oeste brasileira, de 1990 a 2002

Ano	Produtividade	Mato Grosso do Sul		Mato Grosso		Goiás	
		Área colhida (Produtividade)	Produção	Área colhida (Produtividade)	Produção	Área colhida (Produtividade)	Produção
1980	1703,6	44.615.....	69.346 (1.554)	4.480.....	4.914 (1.097)	31.450.....	62.960 (2.002)
1990	1546,7	44.570.....	73.559 (1.650)	43.422.....	57.634 (1.327)	35.459.....	59.754 (1.685)
1995	1760,7	60.011.....	105.791 (1.763)	69.390.....	87.458 (1.260)	69.533.....	157.031 (2.258)
2000	3204,0	48.450.....	127.839 (2.639)	257.762.....	908.854 (3.526)	96.718.....	254.476 (2.631)
2002	3550,0	45.035.....	158.373 (3.517)	334.318...	1.240.911 (3.712)	99.505.....	300.680 (3.022)

Fonte: EMBRAPA Cerrado, (1980 – 2002) – sistemadeproducao@nptia.embrapa.br

A tecnologia é inserida na cadeia produtiva do algodão impactando o produtor rural, via expansão da área cultivada, aumento do rendimento médio, melhoria da qualidade da fibra produzida e agregação de valor. Nesse sentido, o Estado brasileiro, com apoio de parceiros privados e do governo de alguns estados, tem investido na qualidade da matéria prima através das pesquisas executadas pela EMBRAPA em seu centro nacional.

A tabela 11 mostra a produção de algodão brasileira por região, área colhida e produtividade, num período de 1980 a 2002. Nesta tabela se verifica a evolução da cultura do algodoeiro no cerrado brasileiro na década de 1990.

A produção de algodão no Brasil nesta época se concentrava na região Sul, Sudeste e Nordeste. Após esse período, aumentou significativamente a participação do algodão produzido nas áreas de cerrado, basicamente da região Centro-Oeste, que cultivava apenas 123.000 ha (8,8% da área de algodão do país) passou para 479.000 hectares (há) em 2002, correspondendo a 63% do total da área, onde as produtividades (kg/ha) correspondentes foram no Mato Grosso do Sul (3.517), Mato Grosso (3.712) e Goiás (3.022), tendo como, a média do Centro-Oeste 3.550 kg/ha, aproximadamente 47% maior. Neste mesmo ano a região Sul, representado pelo Estado do Paraná, a produtividade foi de 2.388 kg/ha e na Sudeste, de 2.448 kg/ha de algodão em caroço.

Tabela 11
Produção brasileira de algodão (em caroço) por região,
em área colhida e produtividade nos anos de 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 e 2002

Região	Centro-Oeste		Sul		Sudeste		Nordeste		Brasil	
Ano	Área (mil ha)	Produti- vidade (kg/ha)	Área (mil ha)	Produti- vidade (kg/ha)	Área (mil ha)	Produti- vidade (kg/ha)	Área (mil ha)	Produti- vidade (kg/ha)	Área (mil ha)	Produti- vidade (kg/ha)
1980	81	1.703,6	336	1.671	373	1.580	559	264	1.353	1.063
1985	148	1.600	540	1.918	547	1.695	1.013	453	2.253	1.184
1990	123	1.546,7	490	1.740	431	1.334	330	458	1.392	1.281
1995	199	1.760,7	283	1.874	241	1.497	360	477	1.104	1.306
2000	414	3.204	54	2.313	114	2.110	225	1.113	809	2.361
2002	479	3.550	35	2.388	102	2.448	149	1.675	765	2.984

Fonte: Anuário, (1983, 1988, 1993, 1997); (IBGE, 2004).

Desta série histórica de produção de algodão na região nordeste o Estado da Paraíba abrigava os dez maiores municípios produtores desta malvacea no Brasil, com destaque o município de São José do Sabugí/PB, maior produtor nacional, com 400 hectares de área colhida e uma produção de 200 toneladas. Em 2005, foi o responsável por 89,0% da produção nacional de algodão herbáceo atingindo cerca de 2.126 t (em caroços), sendo 26,7% menor que o ano anterior. Um aumento de produtividade em todas as regiões brasileiras é observado num período de 22 anos.

A tabela 12 mostra a produção nacional de algodão herbáceo (em caroço) nos anos de 2005 a 2007.

No Brasil durante o período de 2005 a 2007 a maior produtividade do algodão herbáceo (em caroço) foi atingida pelo Estado de Mato Grosso com, respectivamente, em 2005 (3.488 kg/ha), 2006 (3.664 kg/ha) e 2007 (3.931 kg/ha). E as principais regiões produtoras deste algodão, em 2005 foram: Centro-Oeste (74,47%), Sudoeste (10,96%), Nordeste (10,92%) e Sul (3,65%).

Na tabela seguinte podemos identificar os maiores Estados produtores de algodão herbáceo (em caroço) durante o período de 2005 a 2007, os quais foram: Mato Grosso, Bahia, Goiás, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Tabela 12
Produção de algodão herbáceo (em caroço) no Brasil, em destaque
os Estados maiores produtores nacionais de 2005 a 2007

Local/ Ano	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)	Participação (%) na Produção Nacional
Brasil				
2005	1.258.308	3.666.160	2.913	100
2006	898.008	2.898.721	3.227	100
2007	1.119.746	2.204.457	3.659	100
Mato Grosso				
2005	482.391	1.682.839	3.488	45,9
2006	392.408	1.437.926	3.664	49,6
2007	560.838	2.204.457	3.931	53,3
Bahia				
2005	257.377	822.401	3.195	22,4
2006	242.066	810.253	3.347	28,0
2007	301.928	1.125.240	3.727	27,5
Goiás				
2005	149.114	432.045	2.897	11,8
2006	66.033	202.914	3.072	7,0
2007	82.807	296.553	3.581	7,2
São Paulo				
2005	108.310	231.330	2.135	6,3
2006	55.400	144.370	2.605	5,0
2007	46.249	183.216	3.962	4,5
Mato Grosso do Sul				
2005	63.718	176.131	2.764	4,8
2006	29.499	94.116	3.190	3,2
2007	30.310	89.649	2.958	2,2
Minas Gerais				
2005	57.227	153.147	2.676	4,2
2006	34.807	100.049	2.874	3,5
2007	36.080	104.910	2.908	2,6
Paraíba				
2005	-	1.890	458	-
Demais Estados				
2005	4.122	168.267	-	4,6
2006	140.171	109.093	1.402	3,8
2007	77.795	93.465	1.519	2,3

Fonte: IBGE, 2005 – 2007.

Com a produção do algodão cultivado no Brasil é possível produzir biocombustível suficiente para suprir as necessidades energéticas diárias das pequenas propriedades. Sendo possível aplicar como composto nutricional animal, após beneficiamento e transformação em insumo alimentar, os coprodutos da extração do óleo de algodão (torta), da mandioca (farelo, farinha) e do biodiesel (glicerina). Essa medida poderá ajudar a combater, em médio prazo, a deficiência alimentar dos animais domésticos da região nordestina.

‘ A tabela 13 retrata a evolução da produção de algodão em caroço e em fibra por safra brasileira, área colhida e produtividade entre 2001 a 2012

Tabela 13
Evolução da Produção brasileira de algodão (em caroço e em fibra) por safra, área colhida e produtividade nos anos de 2001 a 2012

Safra	Área colhida (ha)	Produção caroço (milhões ton.)	Produção Fibra (milhões ton.)	Rendimento médio ou Produtividade (kg/ha)
2001/2002	671.160	2.163	865,2	2.859
2002/2003	714.200	2.230	892,0	3.122
2003/2004	1.146.000	3.790	1.415	3.307
2004/2005	1.255.000	3.661	1.364	2.910
2005/2006	898.650	2.883	1.096	3.208
2006/2007	1.121.288	4.094	1.556	3.651
2007/2008	1.062.847	3.997	1.519	3.760
2008/2009	812.295	2.957	1.124	3640
2009/2010	824.396	2.931	1.100	3.555
2010/2011	1.405.540	5.058	5.058	3.611
2011/2012	1.418.330	4.964	4.096	3.597

Fonte: IBGE-LSPA, 2013.

Na análise da safra de 2012 se verifica que houve aumento da área plantada, porém seu rendimento médio foi inferior a safra do ano anterior. A área colhida passou de 1.405.540 ha para 1.418.330 (safra 2011/2012, com decréscimo de um pouco mais de 0,91%). O rendimento médio sofreu um decréscimo de 1,57%, passando de 3.611 para 3.597 kg/ha. O Estado de Mato Grosso maior produtor nacional de algodão reduziu sua área com a cultura em 26.716ha (-3,7%, em relação à área do ano anterior).

A Conab (2013) apresentou uma estimativa da produção de caroço de algodão nas principais regiões produtoras, tendo sofrido a reduções na produção (Tabela 14).

Os resultados dos esforços de recuperação da produção nacional de algodão podem ser vistos pela análise dos dados de produção, principalmente a dos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia, tendo estes estados respondidos por 93,1% da produção de algodão na safra 2012/2013. Mato Grosso foi o maior produtor nacional do caroço de algodão, da área cultivada (52,08%) e da produção (56,78%) na safra 2012/2013.

Tabela 14
Produção nacional, área plantada e produtividade do caroço de algodão por região nas safras 2011/2012 e 2012/2013

Região	Área plantada (mil/ha)		Produção (mil/ton.)		Produtividade (kg/ha)	
	Safra 11/12	Safra 12/13	Safra 11/12	Safra 12/13	Safra 11/12	Safra 12/13
N	7,50	6,00	13,3	11,70	1.769	1.953
NE	460,4	300,8	847,2	586,2	1.840	2.079
CO	877,3	560,9	2.052	1.340,2	2.369	2.362
SE	46,7	26,3	104	53,7	2.225	2.084
S	1,50	0,10	1,4	0,10	892	1.473
Brasil	1.393,4	894,1	3.018,6	1.992,4	1.819,0	1.990,2

Fonte: Centro de referência da cadeia de produção de Biocombustíveis para Agricultura Familiar/Conab, 2013. N – norte, NE- nordeste, CO - centro-oeste, SE- sudeste, S - sul

A região Centro-Oeste do Brasil (2013) foi considerada a maior região produtora de algodão, a área plantada teve redução de 36,1%, passando de 877,3 mil/ha para 560,9 mil/ha. A produção estimada foi de 1.324,7 mil/ton., representando redução de 36,3%. A produtividade recuou 0,3% ficando próxima a 2.362 kg/ha.

Na região Nordeste, segunda maior produtora, a redução da área plantada foi de 34,7%, passando de 460,4 mil/ha para 300,8 mil/ha. A Bahia é o segundo maior produtor nacional de caroço de algodão. É responsável por aproximadamente, 90% da produção de caroço de algodão do nordeste. A produção de caroço de algodão também recuou em 26,2%, passando de 847,2 mil/ton. para 625,2 mil/ton. A produtividade por outro lado elevou-se e, 13% estimada em 2.079 kg/ha na safra atual.

O Brasil é o terceiro país exportador de algodão em fibra (pluma) e o quinto maior consumidor, com quase 1,0 milhão ton./ano.

A tabela 15 apresenta um comparativo por região brasileira entre a safra de algodão de 2012/2013, com a safra de algodão 2013/2014. De acordo com esta tabela nas regiões brasileiras, houve aumento da área plantada (mil ha) de algodão, tendo o nordeste se destacado atingido o maior índice (14,05%) e a região sudeste apresentou o menor (1,53%).

Em se tratando da produção de algodão (em mil t), apenas as regiões nordeste (44,49%) e norte (16,41%) têm alcançado ganhos, em relação a safra passada, o que se repete com a produtividade, sempre com destaque a região nordestina (26,69%) e em segundo lugar a região norte (4,81%). Porém, se verifica que a produtividade do nordeste (kg/ha) foi a menor quando comparado as demais regiões brasileiras.

Tabela 15

Comparativo da safra de algodão 2012/2013 com a safra 2013/2014, por região brasileira

Comparativo da safra de algodão 2012/2013 com a safra 2013/2014									
Região	Área cultivada (mil ha)			Produção (mil ton.)			Produtividade (kg/ha)		
	Safra	Safra	Evolução	Safra	Safra	Evolução	Safra	Safra	Evolução
	12/13	13/14	(%)	12/13	13/14	(%)	12/13	13/14	(%)
N	1.881,6	2.089,8	11,07	5.522,8	6.429,2	16,41	2.935	3.076	4,81
NE	7.211,7	8.225,2	14,05	11.993,0	17.329,0	44,49	1.663	2.107	26,69
CO	20.683,9	21.674,5	4,79	78.277,5	78.155,7	-0,16	3.784	3.606	-4,72
SE	4.977,8	5.054,1	1,53	20.230,8	17.893,4	-11,55	4.064	3.540	-12,89
S	18.810,8	19.255,7	2,37	72.536,0	71.439,8	-1,51	3.856	3.710	-3,79
Brasil	53.565,8	56.299,3	5,10	188.560,2	191.247,1	1,42	3.520	3.397	-3,50

Fonte: Agrospeaking, (2014). N – norte, NE- nordeste, CO - centro-oeste, SE- sudeste, S – sul

O algodão em caroço aumentou sua produção em 25,8%, tendo a produção esperada de 2.539 milhões de toneladas. Com relação ao algodão em fibra (pluma) teve aumento de 26,3%, com a produção esperada de 1.654 milhões de toneladas.

A produtividade de algodão média brasileira mostrada na tabela 15 indica que os produtores irão colher menos produtos por kg/ha, porém irão plantar em uma área maior, aumentando a produção. Essa deficiência de produtividade de algodão pode ser explicada por fatores tais como: irregularidade de distribuição das chuvas e períodos longos de estiagens, que dificultam o desenvolvimento vegetativo das plantações.

Nas últimas três safras brasileiras de algodão houve um incremento aproximado de 1,7 milhões de toneladas de plumas produzidas, estando o país colocado entre os cinco maiores produtores mundiais, ao lado da China, Índia, EUA e Paquistão.

Segundo a CONAB (maio/2014) a produção nacional estimada de grãos para a safra de 2013/2014 é de 191,25 milhões de toneladas, isso implica num aumento de 1,4% em relação à safra produzida em 2012/2013, que alcançou 188,66 milhões de toneladas, representando 2,59 milhões de toneladas a mais na produção de grãos.

Dados divulgados da Conab (junho/2014) apresentam que a oferta total de algodão em caroço nesta safra 2013/2014 está prevista para atingir 2.566,6 mil toneladas, um incremento de 27,1% em relação à safra anterior. O Estado do Mato Grosso, líder no processo produtivo brasileiro e responsável por 56,53% da produção, tem estimativa de área plantada aumentada em 32% passando de 475,3 mil hectares para 627,4 mil hectares.

As oscilações de preço de algodão mostram parâmetros negativos quanto positivos em junho/2014, comparado a maio do mesmo ano, conforme apresentado na Tabela 16.

O estado de São Paulo apresentou a maior queda percentual, passando de R\$675/ton. para R\$383,33/ton., retração de - 43,21%. Bahia foi o Estado brasileiro a apresentar a maior oscilação positiva nos preços, com 37,07%, terminando o mês com o preço R\$562/ton.

Tabela 16
Preços médios do caroço de algodão, em R\$/tonelada

Estado/mês	Bahia	Goiás	Minas Gerais	Mato Grosso Sul	Mato Grosso	São Paulo	Média
Janeiro	750	565	650	550,00	405	666,67	597,78
Fevereiro	687	62,38	650,88	527,25	402,38	671,25	583,52
Março	570	557,00	671,14	485,00	397,50	653,41	555,76
Abril	442	442,00	654,00	485,00	397,50	537,50	512,25
Maio	410	410,00	647,50	485,00	397,50	675,00	523,00
Junho	562	520,63	650,00	612,50	460,00	383,33	531,41
Variação mensal (%)	37,07	-6,61	0,39	26,29	15,62	-43,21	1,61

Fonte: ABRAPA, 2014.

Segundo Instituto Mato - Grossosense Economia Agropecuária (IMEA) a queda no preço do caroço de algodão no Mato Grosso se deve ao baixo volume disponível para negociação nas últimas semanas, além disso, existe uma expectativa de incremento no preço

para as próximas semanas. Segundo estimativa da CONAB, São Paulo apresentou queda na produtividade do caroço do algodão (-5,3%), contudo, mesmo assim a produção cresceu (30,7%) em relação a safra passada (2013), estimasse produzir 16,6 mil/ton. nesta safra.

Assim sendo, a queda no preço desse produto se justifica em virtude do excesso de oferta no mercado. Atrelado a isso, a queda na demanda pelo caroço se justifica por seu destino, que é o da produção de óleos, um mercado atualmente em baixa. Sendo assim, um acúmulo inesperado de oferta e com uma demanda reduzida, era de se esperar uma baixa nos preços.

A proporção percentual de produto e coproduto do algodão foram apresentadas por Kohel, 1989, como sendo, 26% de caroço, 45% de torta, 16% de óleo e 9% de linter.

Segundo Beltrão (1999), a semente de algodão contém de 14 a 25%, em média, de óleo no qual de 1 – 2% são de ácido graxo mirístico, 18 – 25% de palmítico, 1 – 25% de esteárico, 1 – 2% de palmitoléico, 17 – 38% de oléico e 45 – 55% de linoléico (SOLOMONS, 2002).

O óleo vegetal e/ou a gordura animal, após passar por processo de transesterificação, que consiste numa reação química do óleo ou da gordura com um álcool, para produzir um éster e o coproduto (glicerol), origina o biodiesel.

O biodiesel coproduto da produção do óleo vegetal está sendo muito procurado devido às diferentes utilidades que oferece como “combustível limpo” e suas aplicações se mostram como, lubrificante, solvente de tintas, adesivos químicos, entre outras. Além de oferecer os benefícios dos produtos secundários (coprodutos) desta produção que são a glicerina bruta (usada na fabricação de alimentos, cosméticos e produtos de limpeza) e da extração do óleo vegetal a torta e o farelo (empregados na produção de alimento animal e adubo orgânico).

Com vista para uma melhor “qualidade de vida” da população brasileira o emprego do biocombustível melhora o ar atmosférico. Nos grandes centros urbanos do Brasil existem campanhas para reduzir os teores de contaminantes particulados, advindos das emissões tóxicas dos escapamentos dos veículos que utilizam o petrodiesel.

No motor diesel os gases de exaustão são: N₂ (66%), CO₂ (12%), H₂O (11%), O₂ (10%) e alguns poluentes (0,3%): NO (0,15%), CO (0,045%), HC (0,03%), SO₂ (0,025%) e particulados (0,15%). A exceção se dá nos óxidos de nitrogênio poluentes, de particular importância por ser um dos precursores do ozônio troposférico.

A utilização do biodiesel em substituição do diesel promove a redução da maioria das emissões causadas por um combustível fóssil.

A tabela 17 ilustra a composição elementar do combustível fóssil e do biodiesel, bem como algumas de suas propriedades constituintes.

A falta de oxigênio durante a combustão acarreta a chamada combustão incompleta, que produz monóxido de carbono. Gás tóxico, que dificulta a função da hemoglobina do sangue que é responsável pela renovação do oxigênio dos seres vivos.

Tabela 17
Composição elementar do combustível fóssil e do biodiesel
e algumas de suas propriedades constituintes.

Compostos químicos (presentes)	Diesel aditivado	Biodiesel
Hidrogênio	12,70	13,60
Carbono	85,60	76,50
Enxofre	0,83	0,02
Oxigênio	-	11,00
Poder calorífico [kJ/kg]	42,92	35,19
Densidade relativa [g/mL]	0,84	0,92

Fonte: ANP, 2005.

Outra característica importante é a ausência de enxofre no biocombustível, ajudando a diminuir o teor de óxido de enxofre (SO_x) liberado pelo consumo do petrodiesel, em particular o diesel brasileiro, cujo teor de enxofre é bastante elevado (NOGUEIRA, 2005; MACEDO, 2005).

Os impactos ambientais e as reduções de poluentes referem-se: na atmosfera, ao SO_2 e ao NO_2 que reagem com radical hidroxil e em presença de vapor d'água formam ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), respectivamente. O óxido nitroso (NO) é convertido a dióxido de nitrogênio pela reação com peroxiradicaís.

A produção de biodiesel é considerada segura, por ser originado de fontes biodegradáveis e atóxicas, e ainda, por não causar riscos ao meio ambiente, porque o gás carbônico emitido na sua queima é capturado pelas vegetações, desta forma diminuindo as emissões dos gases causadores do efeito estufa.

3.2 Alternativas renováveis de Combustível

Com a proposta de combustível renovável e alternativo, a sociedade científica vem apresentando resultados envolvendo a utilização de óleos vegetais e gorduras animal na

produção de biocombustível (biodiesel), bem como, seus coprodutos necessários para fabricação de ração animal. Além, do óleo vegetal a raiz da mandioca tem potencial energético para a produção de álcool etílico, conhecido por etanol. O biogás também se apresenta na lista de biocombustível, desta vez proveniente de tratamento anaeróbio de material orgânico.

Entende-se ser um biocombustível qualquer combustível de origem biológica que não seja de origem fóssil. Portanto, a característica química de um combustível renovável varia de acordo com a matéria prima vegetal originária (semente de algodão, mandioca, soja, dendê, mamona, nhandiroba, canola, amendoim, etc.) utilizada e são considerados de fontes renováveis.

Qualquer produto que contenha uma quantidade considerável de carboidratos constitui-se em matéria prima para obtenção de álcool. Entretanto, para que seja viável economicamente, é preciso que se considere o seu volume de produção, rendimento industrial e o custo de fabricação.

O processamento de obtenção do biodiesel se dá a partir da extração do óleo vegetal que é originado de duas formas: por meio mecânico, em equipamento tipo extrator (método físico de prensagem mecânica ou hidráulica) ou por método químico (extração com solvente orgânico). Após a extração do óleo procede-se a separação por centrifugação e filtragem, resultando no óleo vegetal bruto e no coproduto residual.

A figura 7 ilustra os percentuais de produção de materiais graxos brasileiros usados na obtenção de biodiesel.

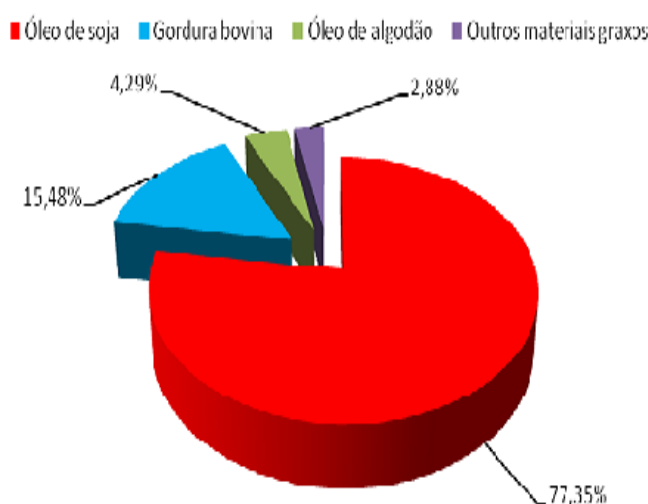


Figura 7: Produção de materiais graxos brasileiros usados na obtenção de biodiesel

Fonte: (Ministério de Minas e Energia, 2011).

O quadro 1 apresenta os tipos de usinas recomendadas para extração de óleo de sementes oleaginosas.

Quadro 1
Tipos de usinas recomendadas para extração de óleo vegetal.

Tipo de usina	Situação recomendada	Matéria prima Típica
Extração mecânica	- pequenas e médias capacidades, normalmente abaixo de 200 ton./dia de grãos. -oleaginosas com baixo teor de óleo, abaixo de 25%.	Mamona, amendoim, babaçu, etc.
Extração, com solvente	-grandes capacidades, normalmente acima de 300 ton./dia de matéria-prima; -oleaginosa com baixo teor de óleo, abaixo de 25%.	Soja
Mistas	-médias e grandes capacidades, acima de 200 ton./dia de grãos. -oleaginosas de médio e grande teor de óleo, acima de 25%.	Algodão, mamona, amendoim, babaçu e girassol.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2011.

Portanto, uma planta industrial de extração de óleo vegetal com os necessários controles de qualidade para a purificação inicial do produto é suficiente para a produção do biocombustível. Este por sua vez, trata-se de um combustível renovável, biodegradável, derivado de fontes naturais que pode ser produzido a partir de óleos e gorduras vegetais residuais ou de óleos vegetais e gorduras animais. Pode ser obtido por diferentes processos químicos, como pirólise, esterificação e transesterificação, onde ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos (ENCINAR et al., 2002). Atualmente, o emprego deste combustível natural se dá como elemento puro ou em misturas com óleo diesel derivado do petróleo, em diferentes proporções.

O método químico de obtenção do biodiesel que o governo brasileiro incentiva é o método de transesterificação. Este método consiste numa reação química de óleos vegetais ou de gorduras animais com o álcool, etanol ou metanol, estimulada por um catalisador. Desse processo também se extrai o coproduto glicerina bruta, empregado na alimentação animal, fabricação sabonetes e variados cosméticos. A glicerina bruta ou glicerol é o subproduto da reação de obtenção do biodiesel, e deve ser purificado antes da comercialização, a fim de aumentar a eficiência do processo. A produção brasileira de biodiesel deve utilizar o etanol no processo de transesterificação, por ser produzido em abundância e com baixo custo (BRASIL, 2005). O custo de produção do biodiesel continua sendo um grande obstáculo para sua

produção. Zhang et al. (2003), citam um custo de produção do biodiesel de aproximadamente, US\$ 0,36 L⁻¹.

A figura 8 apresenta a cadeia produtiva do biodiesel, iniciando pelo cultivo da oleaginosa, colheita do grão, beneficiamento, processamento, industrialização, refinação, comercialização, revenda e consumidor.

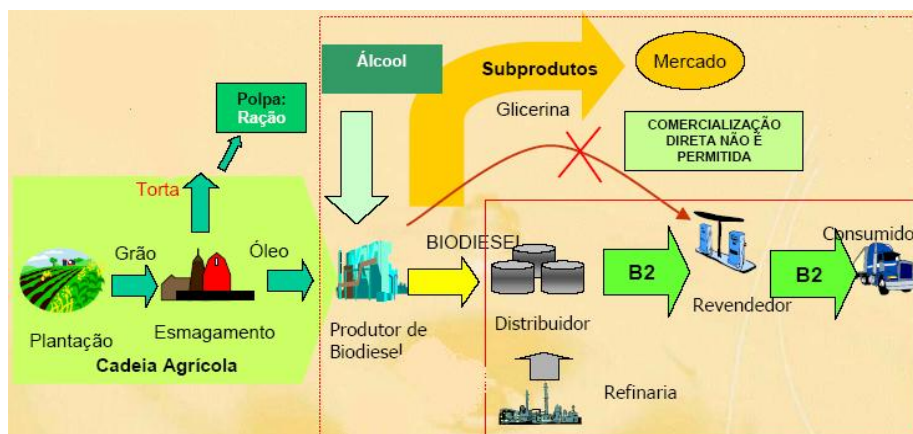


Figura 8: Cadeia produtiva do Biodiesel.
Fonte: (Adaptação de ANP, 2005).

Estudos econômicos do algodão em ramas produzido no Estado na Paraíba mostraram (Tabela 19) em 2009, a base de preço do produto e dos seus coprodutos.

A cadeia produtiva do biodiesel da figura acima apresenta o fluxograma do processo de obtenção partindo do cultivo (plantação) da oleaginosa, as etapas para a obtenção do produto acabado e sua distribuição (revendedor e consumidor).

O fluxo do processo inicia com a colheita e seleção do grão oleaginoso, que após classificação e controle de umidade máxima, segue para extrusora para extração do óleo bruto, que depois dos procedimentos de separação (óleo/torta) através de processos físicos de centrifugação e filtração do óleo vegetal, são destinados para purificação (óleo) e produção de alimento animal (coproduto: torta).

A torta, pasta ou polpa são os nomes dados aos coprodutos do processo tecnológico da extração de óleo de vegetal oleaginoso, que serve para aplicação (em proporção adequada) na alimentação animal. É oportuno mencionar que os coprodutos da extração do óleo vegetal devem passar por procedimentos e beneficiamentos adequados ao vegetal que o originou para inativar os possíveis efeitos tóxicos presentes em algumas oleaginosas.

A extração do óleo vegetal pode ser realizada por processo de extrusão ou quebra mecânica (esmagamento da oleaginosa). O óleo vegetal bruto passa por processo químico de transesterificação, usando como catalisador o hidróxido de sódio (soda cáustica), originando um produto final (éster) e o coproduto glicerina. Após separação por decantação a purificação do éster é realizada (em lavagem em água potável aquecida a 60°C), originando um éster puro (biodiesel puro). O biodiesel é separado da glicerina bruta, passa por processo físico (desidratação) e químico, sendo encaminhado para comercialização e distribuição nas empresas farmacêuticas, alimentícias e automobilísticas.

No Brasil segundo as Normas da Agencia Nacional de Petróleo, Gás natural e biocombustível (ANP), a mistura do biodiesel ao óleo diesel, somente pode ocorrer junto a refinarias da Petrobras, por conseguinte, sendo vedada a comercialização do produtor do biodiesel diretamente ao revendedor.

O biodiesel refinado entra na mistura do combustível diesel (derivado do petróleo) na proporção de B5% a B25%, segundo autorização do órgão regulador. Esta mistura é distribuída para postos de combustível de diferentes bandeiras, sendo transportados por caminhão tanque, navio e trem de carga.

A tabela 18 apresenta uma estimativa de valor agregado dos produtos derivados da semente de algodão no Estado da Paraíba.

Tabela 18
Estimativa de valor agregado dos produtos derivados do
cultivo de Algodão no Estado da Paraíba, em 2008

Algodão	Rama		Pluma		Óleo		Torta		
Estimativa	Quant. (kg)	Valor R\$/kg	Quant. (kg)	Valor R\$/kg	Quant. (kg)	Valor R\$/kg	Quant. (kg)	Valor R\$/kg	Total Geral
	100	0,90	38	3,5	11	1,0	48	0,55	
Total	-	90,00	-	133,00	-	11,00	-	26,40	170,4

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Agrícola do Estado da Paraíba, 2009.

As regiões brasileiras que executam a extração do biocombustível de sementes oleaginosas em 2008 e o custo mínimo de obtenção de 1,0 L de biodiesel podem ser observadas na figura 9.

O valor do litro de biodiesel no território brasileiro (2008) oscilou de R\$ 0,712/L a R\$ 2,219/L, sendo o biodiesel da semente de algodão e da mamona os responsáveis, respectivamente, pelo menor e maior custo/L de biodiesel.

A figura 9 ilustra o valor agregado do biodiesel por litro em nível regional brasileiro.

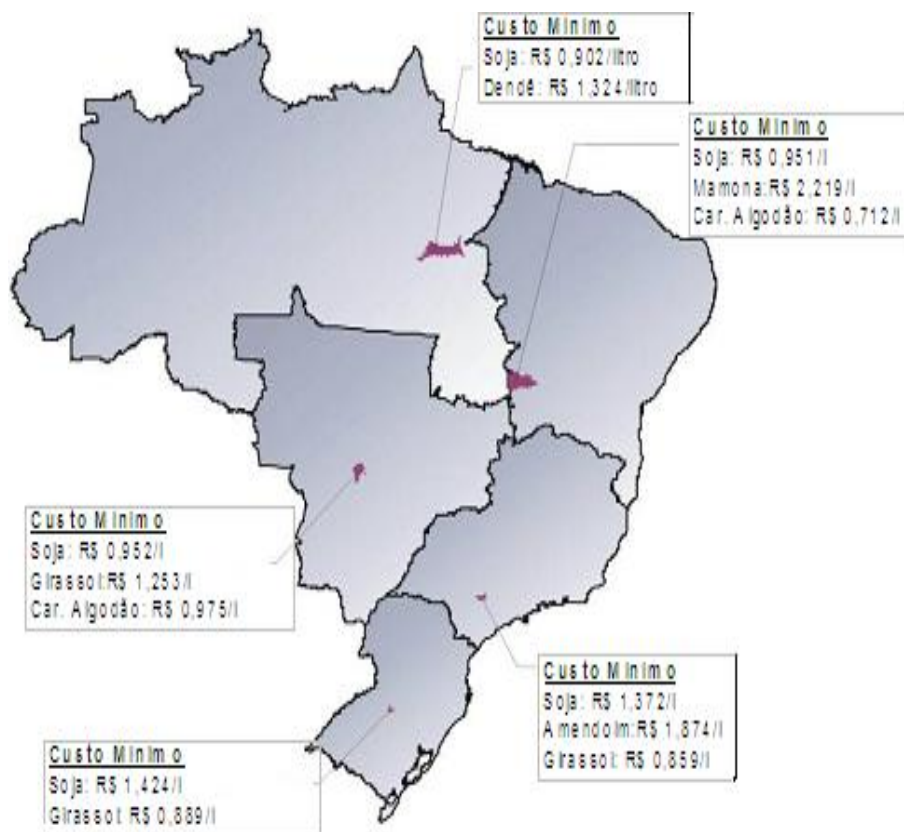


Figura 9: Valor de mercado do biodiesel/L produzido nas regiões brasileiras.
Fonte: (IBGE, 2010).

O cálculo do “preço de oportunidade” do caroço de algodão pode se obtido comparando com o do milho (concentrado energético) e do farelo de soja (concentrado protéico), através da seguinte equação:

Caroço de algodão:

$$R\$/t = (0,915M + 0,381F) \times \%MS$$

Onde: M - representa o preço de mercado do milho em grão (R\$/t);

F – é o preço do farelo de soja (R\$/t); t – tonelada

MS - é o percentual de matéria seca do caroço de algodão.

Para ilustrar apresentamos o exemplo: assumindo que o milho esteja custando 250,00/t e o farelo de soja R\$330,00/t (na base natural), então o “preço de oportunidade” do caroço de algodão será de R\$354,48/t de matéria seca (MS). Se o teor de matéria seca (MS) do caroço de algodão for de 92%, o “preço de oportunidade” corrigido será de R\$326,12/t.

Quando o preço de mercado estiver abaixo do “preço de oportunidade”, será vantajoso adquirir o caroço de algodão. Se o preço de mercado for maior, então será preferível utilizar milho e farelo de soja com fontes de energia e proteína na mistura alimentar.

Na Paraíba a base de cálculo para um cultivo do algodão mostra que numa implantação de 50 mil hectares, o agricultor vai investir o “valor (em real)”, conforme apresentado na tabela 19.

Tabela 19

Custo de implantação de 50 mil hectares de algodão em caroço na Paraíba

Implantação de 50 mil hectares de cultivo de Algodão	Valor (R\$ x 1.000)
Custo do algodão (caroço)	40.500,0
Faturamento (bruto) cadeia produtiva	85.200,0
Geração de impostos na fibra (pluma)	11.305,0
Óleo	Isento de imposto
Torta	Isento de imposto

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Agrícola do Estado da Paraíba, 2009. 1,0 U\$ é R\$2,0.

Os manejos preliminares dos grãos ou das sementes dos vegetais devem ser cuidadosamente realizados, porque estas matérias primas possuem a propriedade de absorver e de ceder água para o ar atmosférico que o envolve (ar intragranular, cerca de 40 a 45% do volume ocupado do grão).

Essa troca de umidade tende para um ponto de equilíbrio, onde a “tensão de vapor d’água dentro do grão se nivela à pressão d’água contida no ar ambiente”. Esse ponto de equilíbrio é conhecido como equilíbrio higroscópico. Caso o teor de umidade de equilíbrio seja inferior a “umidade de equilíbrio” absorverá água do ar atmosférico, em caso contrário, cederá umidade para o ar e, perderá peso.

No equilíbrio higroscópico, em qualquer nível de umidade relativa do ar, as sementes mais ricas em óleo, apresentam teores de umidades mais baixo do que as de menor conteúdo. Isto se justifica, porque a porção oleaginosa do grão não absorve água.

O tempo necessário para que o grão armazenado alcance o equilíbrio higroscópico, é uma função da temperatura. O equilíbrio se estabelece com maior rapidez á temperatura mais elevada. Ensaio realizados a temperatura de 22,5°C tem mostrado que 90% dos grãos armazenados se encontram em umidade de equilíbrio. E em geral, a umidade de equilíbrio é alcançada em sete dias de estocagem.

As condições que levam a uma intensa atividade respiratória da semente são igualmente favoráveis ao crescimento das bactérias e fungos, e em ambos os casos, produz similar deterioração nos grãos armazenados.

A tabela 20 mostra o nível de umidade crítica de algumas sementes oleaginosas, considerado “seguro” para a armazenagem.

Tabela 20
Nível de umidade crítica de algumas sementes oleaginosas.

Semente oleaginosa	Teor de óleo (%)	Umidade crítica (%)
Soja	21	13,0
Algodão	25	10,8
Canola	42	8,4
Amendoim	45	8,0

Fonte: Moretto & Fett, 1998.

A umidade crítica de uma semente varia com a espécie do vegetal e geralmente corresponde à umidade de equilíbrio com o ar de umidade relativa igual a 75%. A umidade crítica de uma semente se refere ao nível de umidade acima do qual a atividade respiratória e o aquecimento dos grãos estocados crescem nitidamente.

3.3 Plantio e extração de óleo de algodão

3.3.1 Aspectos industriais da extração de óleo vegetal

O plantio da semente oleaginosa deve seguir o regulamento agrônomo de cada cultivo, para que a semente não entre em estado de deterioração. Após a colheita as sementes devem passar por processo de beneficiamento que consiste na catação, retiradas de objetos metálicos e minerais estranhos a matéria-prima e controle de umidade. Em geral o beneficiamento do algodão dá origem, em média, a 5% de impurezas, 61% de caroços e 34% de pluma. No pré-preparo da semente de algodão, inicialmente é removida toda fibra (pluma).

Segundo Moretto (1998), a extração do óleo de algodão pode ser realizada por solvente orgânico e por meios mecânicos. A extração do óleo de algodão por emprego do solvente é eficiente, pois recupera até 98% do óleo dos caroços de algodão, porém a torta (coproduto) obtida deste processo de extração é considerada tóxica para utilização como alimentação animal, devendo passar por processo de aeração para eliminar os efeitos de toxicidade antes de destinar ao processo de produção de alimento animal. Este coproduto pode ser usado também, como fertilizante agrícola.

A extração de óleo de algodão por processo mecânico é realizada por extrusão e prensagem, sem a utilização de caldeira ou produto químico, mas sim por pressão e se elevando a temperatura por atrito, obtendo torta (ou farelo) e óleo, então valorizando a matéria prima.

O processo de extração do óleo bruto da semente ou do caroço de algodão requer várias operações e o preparo das sementes oleaginosas, talvez essa seja a parte mais importante das etapas de obtenção de óleo. Este preparo é complicado por que varia de acordo com a natureza da matéria prima. Mas, geralmente consiste nas seguintes operações: limpeza e pesagem; decorticação; trituração; laminação e cozimento.

A operação de extração mecânica (por prensagem) é realizada em prensa mecânica, com eixo central acoplado a uma hélice simples ou dupla, que opera no interior de resistentes tambores perfurados (anéis), que podem exercer pressões até 1.700 ou 2.000 psi. (116 a 136 atmosferas). A maior ou menor quantidade de impurezas, assim como sua composição,

depende do tipo de colheita realizada. No algodão colhido à mão, basicamente, as impurezas são restos de folhas e materiais fibrosos, enquanto no algodão colhido por máquinas, podem incluir capulhos verdes, parte das paredes dos capulhos maduros e gravetos.

O diferencial na extração mecânica de óleo a frio e a seco é a não utilização de componentes químicos ou vapor, além de serem usados equipamentos de fácil manuseio com baixo custo operacional e ótima produtividade.

A etapa de extrusão representa o ponto crucial desse tipo de processo. A extrusora faz com que os grãos sejam desintegrados sobre temperatura e pressão. Neste processo as bolsas de óleo que existem no grão são rompidas facilitando a prensagem.

Na prensagem da polpa de algodão é obtido óleo bruto e a torta (ou farelo), sendo este último o coproduto das etapas para o processamento do óleo. Esta torta deve ser resfriada, triturada em moinho de martelos, acondiciona (ensacada) e armazenada em ambiente seco.

O processo de extrusão da semente permite a retirada de óleos de diferentes tipos de oleaginosas, sendo o óleo resultante de qualidade superior aos obtidos por prensa hidráulica e por solventes orgânicos, que são derivados do petróleo. Esta forma de extração é considerada um “sistema ecologicamente correto”, por não poluir a atmosfera, dispensar o tratamento de efluentes e, por ser “seguro”.

3.4 Benefícios socioambientais

Por ser uma fonte natural e renovável, o biodiesel apresenta grande vantagem sobre o combustível fóssil “diesel” na quantidade de emissão de gases do efeito estufa e de poluentes: 78 a 100% menos gases de efeito estufa (dependendo do tipo de álcool empregado no processo), 98% menos óxido de enxofre e 50% menos material particulado. Somente no caso dos óxidos de nitrogênio (NOx) ocorre um aumento (13%), o que pode contribuir para piorar a ocorrência local de ozônio e do “smog” fotoquímico.

Como o Brasil tem uma base produtiva voltada para o etanol, encontra-se em posição de explorar mais a rota etílica de produção de biodiesel e assim alcançar um combustível em bases 100% renováveis o chamado “biodiesel verde”. No Brasil existem diversas oleaginosas que são fontes de matéria prima de superior qualidade para a obtenção do biodiesel, a exemplo do algodão, soja, mamona, dendê, babaçu, girassol, entre outras espécies da flora nacional.

3.5 Tecnologia de extração de óleo vegetal

O processamento de óleo vegetal tem por objetivo, obter a maior produção possível de óleo ou gorduras edíveis, a partir das matérias primas utilizadas, mantendo a sua qualidade e valor nutritivo. A qualidade da matéria prima vegetal, antes de qualquer beneficiamento determina a qualidade do produto final.

O processo de produção do biodiesel pode ser representado através do fluxograma da Figura 10.

Da produção do biodiesel se obtém a torta, farelo e a farinha, numa quantidade de 80% e, em menor proporção o glicerol (10 a 12%) que podem ser aproveitados, sendo o primeiro para alimento animal e o segundo na fabricação de cosméticos, produtos farmacêuticos, etc.

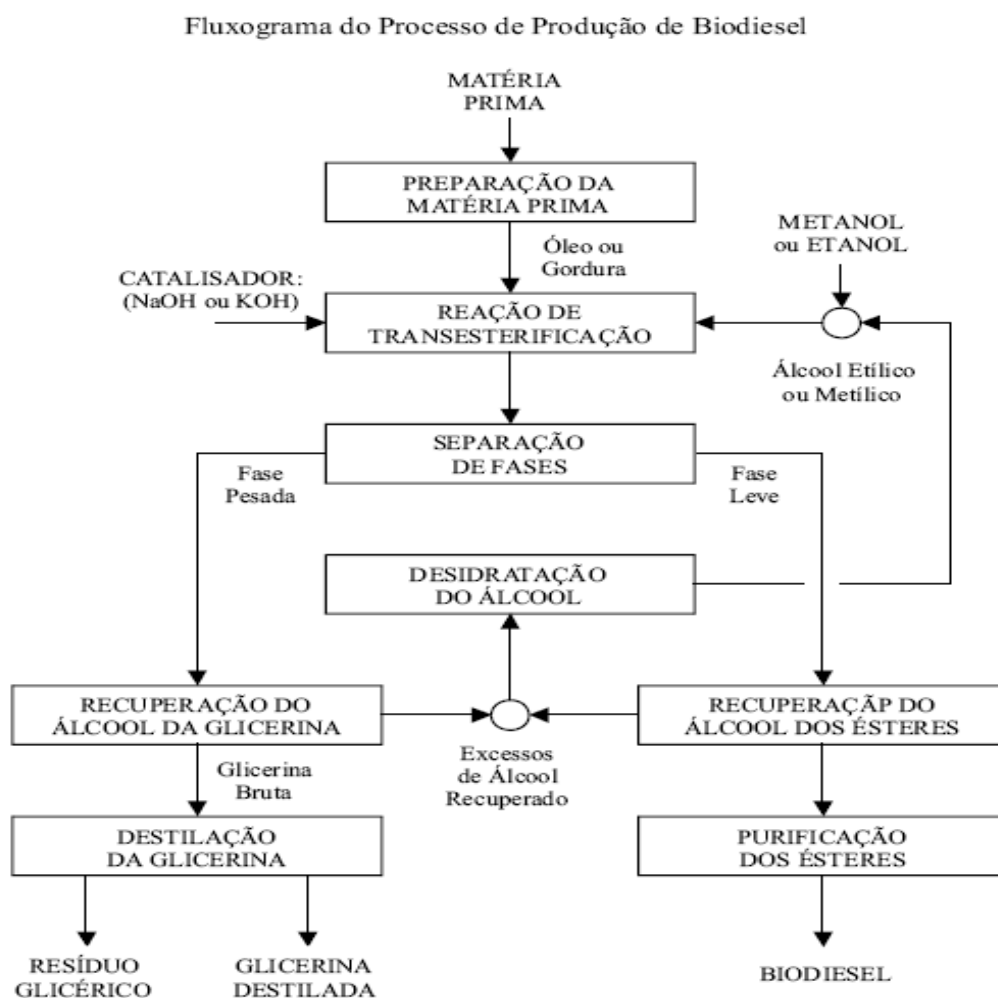
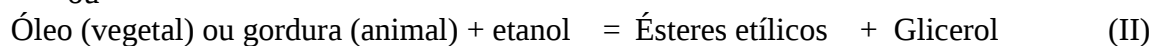
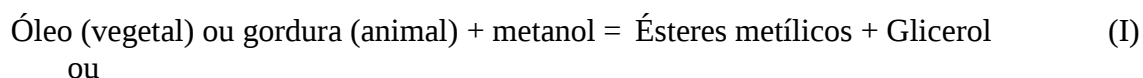


Figura 10: Fluxograma genérico da produção de biodiesel.
Fonte: (Revista Biodiesel, 2008)

O processo de produção de biodiesel partindo de uma matéria graxa qualquer, envolve as seguintes etapas operacionais: na preparação da matéria prima os procedimentos relativos à preparação da matéria prima para a sua conversão em biodiesel visam criar as melhores condições para a efetivação da reação de transesterificação, com a máxima taxa de conversão.

Inicialmente, se faz necessário que a matéria prima tenha o mínimo de umidade e de acidez, o que é possível submetendo-a a um processo de neutralização, através de uma lavagem com solução alcalina de hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio, conhecido vulgarmente por soda cáustica (NaOH), seguida de uma operação de desidratação para reduzir o teor de umidade. A especificidade do tratamento depende da natureza e das condições da matéria graxa, empregada como matéria prima.

A reação de transesterificação é a etapa seguinte que consiste na conversão, propriamente dita, do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que constituem o biodiesel. A reação pode ser representada pela seguinte equação química:



A reação (I) representa a reação de conversão, quando se utiliza o metanol (álcool metílico) como agente de transesterificação, obtendo-se, portanto, como produtos os ésteres metílicos que constituem o biodiesel e o glicerol.

A reação (II) envolve o uso do etanol (álcool etílico), como agente de transesterificação, resultando como produto o biodiesel, ora representado por ésteres etílicos e o glicerol.

As duas reações acontecem na presença de um catalisador, o qual pode ser empregado o hidróxido de sódio (NaOH) ou o hidróxido de potássio (KOH), usados em diminutas proporções. A diferença entre eles, com respeito aos resultados na reação, é muito pequena. No Brasil, o NaOH é muito mais barato do que o KOH. Pesando as vantagens e as desvantagens são muito difíceis de decidir, genericamente, o catalisador mais recomendado e dessa forma, por prudência essa questão deverá ser remetida com cautela, para o caso a caso.

A etapa de separação das fases ocorre após a reação de transesterificação que converte a matéria graxa em ésteres (biodiesel), a massa reacional final é constituída de duas fases, separáveis por decantação e/ou por centrifugação. A fase mais pesada é composta de glicerina

bruta, impregnada dos excessos utilizados de álcool, de água e de impurezas inerentes à matéria prima. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos, conforme a natureza do álcool originalmente adotado, também impregnado de excessos reacionais de álcool e de impurezas.

A recuperação do álcool de glicerina é a fase pesada contendo água e álcool, é submetido a um processo de evaporação, eliminando-se da glicerina bruta esses constituintes voláteis, cujos vapores são liquefeitos num condensador apropriado.

A recuperação do álcool dos ésteres ocorre da mesma forma, mas separadamente, o álcool residual é recuperado da fase mais leve, liberando para as etapas seguintes, os ésteres metílicos ou etílicos.

Os excessos residuais de álcool, após os processos de recuperação, contêm quantidades significativas de água, necessitando de uma separação. A desidratação do álcool é novamente realizada por destilação.

No caso da desidratação do metanol, a destilação é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande e ademais, inexistente o fenômeno da azeotropia para dificultar a completa separação.

Diferentemente, a desidratação do etanol, complica-se em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada como é o caso da separação da mistura metanol – água.

A purificação dos ésteres é realizada por lavagens e por centrifugação e posterior desidratação, resultando finalmente o biodiesel, o qual deverá ter suas características enquadradas nas especificações das Normas Técnicas estabelecidas para o biodiesel como combustível para uso em motores do ciclo diesel, emanadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP).

A etapa mais importante de controle de qualidade do processo produtivo do biocombustível é a do armazenamento, que deve ser adequado e seguro. Deve ser estocado em ambientes secos, limpos e isentos de luz. Os materiais (mais aceitáveis) dos reservatórios usados para estocagem do biodiesel são: alumínio, aço, polietileno fluoretado, propileno fluoretado e teflon. Entretanto, não são recomendados chumbo, estanho, zinco e bronze. A Resolução da ANP nº 14/2012, regulamenta a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 04/2012 e suas obrigações quanto ao controle da qualidade a ser atendido pelo diferentes agentes econômicos que comercializam o produto em todo território brasileiro.

3.5.1 Tecnologia de produção do biodiesel

Duas rotas tecnológicas ou processos químicos, praticamente já de domínio das instituições de pesquisas, são utilizados para a obtenção de biodiesel por transesterificação e/ou pirólise ou craqueamento catalítico.

O processo de transesterificação consiste em um reator que executa a reação química do óleo vegetal ou gordura animal na presença do etanol (rota etílica) ou do metanol (rota metílica), tendo como catalisador básico o hidróxido de sódio (ou potássio) ou um catalisador ácido (por ex.: ácido sulfúrico). O catalisador básico mais comumente empregado é o hidróxido de sódio (NaOH), pelo seu baixo custo e fácil disponibilidade.

Para remoção da glicerina bruta, que aparece como coproduto da produção de biodiesel são necessários volumes de 10 a 15% de etanol ou metanol. A glicerina ou glicerol pode ser empregado como matéria prima na produção de alimento animal, tintas, adesivos, produtos farmacêuticos, têxteis, etc.

O processo de transesterificação, atualmente, é o mais utilizado e mais viável comercialmente, para a produção de biodiesel brasileira. A reação de transesterificação se processa mesmo em temperatura ambiente e é efetuada com um excesso de álcool. Este excesso é recuperado no final do processo por evaporação.

A mistura de biodiesel e da glicerina é decantada para a separação das fases e o biodiesel é ainda lavado e desidratado, para se obter a melhor qualidade possível de biocombustível.

No Brasil a oferta de álcool é que apresenta a vantagem do uso da rota etílica, pela presença desse produto em todo território nacional. Os custos diferenciados de fretes, para o abastecimento de etanol versus abastecimento de metanol, em certas situações, passam influenciar numa decisão.

Sob o ponto de vista ambiental, o uso do etanol apresenta vantagem sobre o uso do metanol, quando este álcool é obtido de derivado do petróleo. No entanto, é importante considerar que o metanol pode ser produzido a partir da biomassa, quando essa suposta vantagem ecológica, pode desaparecer.

3.6 Geração de biodiesel descentralizada

Compreende a produção de energia de forma não conectada a um sistema interligado, normalmente de pequena e média capacidade. Vantagens são atribuídas à geração descentralizada em relação às opções convencionais, seja em relação a usinas hidrelétricas e termelétricas, seja a combustíveis como o gás natural. Essas vantagens foram sistematizadas por Walter (1994): minimização de investimentos, redução de custos globais de produção e transmissão, período de construção mais rápido, desenvolvimento local, minimização de impactos ambientais, dinamização da atividade econômica local, baixo custo, maior oferta e melhor confiabilidade dos serviços de eletricidade.

Na Amazônia, várias oleaginosas têm sido utilizadas para a produção de óleo vegetal: cacau, castanha-do-Brasil, castanha-de-cutia, castanha-de-galinha, curupira, mamona, cupuaçu e amendoim.

A geração descentralizada constitui uma importante ferramenta, visto que 12% da produção no Estado de Rondônia é com diesel, equipamento de pequeno e médio porte. A produção de energia está baseada na utilização de óleos vegetais (*“in natura”* e transesterificados), como combustível em motores de combustão interna.

As condições externas ao processo da energia determinarão o tipo de óleos utilizados nos motores; do mesmo modo, serão diferentes as abordagens técnicas e de pesquisa. As questões externas são: condições de transporte e acesso à comunidade; transportes de produtos químicos; condições locais para a manutenção de equipamentos; disponibilidade de mão de obra local e sistema econômico-financeiro da localidade.

O uso de biocombustíveis no país, com ênfase no biodiesel, constitui uma importante opção para a diminuição da dependência dos derivados de petróleo com ganhos ambientais, representa um novo mercado para diversas culturas oleaginosas (OLIVEIRA, 2001).

3.7 ANÁLISE TÉRMICA

3.7.1 Definição e história

O estudo do efeito do calor sobre os materiais tem uma longa história. O homem primitivo já tentava a produção de cerâmica, extração de metais (8.000 a.C.) e fabricação de vidros (3.400 a.C). Os alquimistas, nas discussões filosóficas sobre os quatro elementos básicos: fogo, ar, terra e água, desenvolveram ensaios com metais (1.500 d.C) seguidos já por uma breve incursão no universo da termometria e calorimetria (MACKENZIE, 1984; SZABADVARY & BUZAGH-GERE, 1979).

Somente no século XIX os experimentos sobre o efeito do calor nos materiais tornaram-se mais controlados e mais quantitativos.

A termobalança foi descrita em 1903, usando-se a microbalança de torção de quartzo equipada com forno elétrico, para estudar a perda de massa aquecendo zircônia e outros materiais. Já o termo termobalança surgiu em 1915 e a primeira termobalança comercial surgiu nos Estados Unidos, através dos laboratórios da Niágara Eletrônica, avaliada como instrumento em 1949.

Estudos realizados por um grupo de trabalho nomeado em 1965, pela Confederação Internacional de Análise Térmica e Calorimetria (ICTAC), decidiram aprovar a definição de análise térmica proposta por Mackenzie em 1979, a saber: “Grupo de técnicas nas quais se acompanham as variações em uma propriedade física de uma amostra e/ou de seus produtos de reação, enquanto a mesma é submetida a uma programação de temperatura”. Em 1980 as definições e normas para a nomenclatura definição de análise térmica foi traduzida por Giolito e Ionashiro a pedido da ICTAC, tendo sido adotada pela Associação Brasileira de Análise Térmica e Calorimetria (ABRATEC).

Para Wendlant (1986), uma análise técnica só é considerada termoanalítica se atender aos critérios seguintes: deve medir uma propriedade física; expressar a medida diretamente ou indiretamente em função da temperatura e realizar a medida sob um controle de temperatura.

Segundo Conceição (2000), com o surgimento da Confederação Internacional de Análise Térmica e Calorimétrica (ICTAC) e o aperfeiçoamento dos equipamentos comerciais resultaram na análise térmica como um campo extremamente ativo, com aplicações em numerosas direções.

Anos mais tarde, uma nova definição de análise térmica foi proposta, porém apresentada no idioma inglês, a saber: “Thermal analysis (TA) is the study of the relationship

between a sample property and its temperature as the sample is heated or cooled in a controlled manner”, tendo sido aprovada e recomendada pela ICTAC, em 2006.

Com a evolução das técnicas termoanalíticas os estudos da cinética e do mecanismo de substâncias tem alcançado com importantes informações muitas vezes ausentes em métodos convencionais. As técnicas termoanalíticas se constituem num conjunto de técnicas, cada uma com a habilidade de acompanhar uma propriedade física específica.

Santos (2004), em seus estudos definiu a análise térmica, como sendo: “um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física de uma substância e/ou seus produtos de reação é medida, enquanto a amostra é submetida a uma programação de temperatura”.

Para Machado et al., (2004), uma térmica é considerada termoanalítica quando envolve a medição de uma propriedade física, sendo esta expressa direta ou indiretamente em função da temperatura e executada sob um programa informatizado com controle desta variável.

Dantas et al., (2006), realizando uma pesquisa sobre a resistência de matérias envolvidos no sistema de análise térmica mencionam que o porta-amostra a ser utilizado, geralmente, é constituído de alumínio, alumina, platina, níquel, quartzo, tungstênio, grafite e cobre, que deve ser escolhido de acordo com a amostra a ser analisada e com a temperatura máxima de aquecimento aplicada à amostra.

Segundo Gonzalez et al., (2008), a variação da massa de uma determinada amostra é realizada se utilizando de uma termobalança, que consiste na combinação de uma microbalança eletrônica equipada com forno e um sistema de exaustão, com sensor de controle de temperatura, que permite a passagem contínua de uma amostra em função da temperatura, à medida que a amostra é termodinamicamente aquecida ou resfriada.

A massa da amostra pode variar entre 10 mg até 10 g, dependendo do equipamento utilizado. A atmosfera que circunda a amostra pode ser controlada, possibilitando trabalhar com atmosfera estática ou dinâmica à pressão ambiente, sob pressão ou a vácuo. Os gases utilizados podem ser: inertes (nitrogênio, argônio), oxidantes (oxigênio) ou corrosivos.

As temperaturas do forno e da amostra são determinadas através de um termopar e o sensor capilar deve estar localizado a uma distância de 1 a 2 mm da amostra, de modo a minimizar os erros referentes às limitações difusionais na transferência de calor. Neste caso, mais presente devido a problemas associados com a convecção e condução de calor na microcâmara.

3.7.2 Principais técnicas da análise térmica.

A habilidade técnica de caracterizar os materiais é bastante aperfeiçoada quando combinada com outra técnica analítica, para caracterização dos produtos gasosos liberados. Desta maneira, é possível realizar medidas simultâneas de mais de uma propriedade. Geralmente, são encontrados os sistemas simultâneos: termogravimetria-cromatografia gasosa (TG-CG); termogravimetria-espectrometria de massa (TG-MS) e termogravimetria-cromatografia gasosa-espectrometria de massa (TG-CG-MS).

A tabela 21 apresenta a classificação geral das técnicas Termoanalíticas de acordo com a propriedade física acompanhada.

Tabela 21
Principais técnicas de análise térmica

Técnica analítica	Propriedade	Abreviatura
Termogravimetria		TG
Termogravimetria Derivada	Massa	DTG
Análise Térmica Diferencial	Temperatura	DTA
Calorimetria Exploratória Diferencial	Entalpia	DSC
Análise Termomecânica	Propriedades mecânicas	TMA
Análise Dinâmica Mecânica		DMA
Termodilatometria	Dimensões	-
Termossionimetria	Propriedades Acústicas	-
Termoacustimetria		TS
Termooptometria	Propriedades Ópticas	-
Termoeletrometria	Propriedades Elétricas	-
Termomagnetometria	Propriedades Magnéticas	-
Análise Termoparticulada	Desprendimento de partículas	TPA

Fonte: Dantas et al., 2006.

O sistema de análise avançada TG-CG-MS possui a capacidade de observar e quantificar as mudanças que ocorrem na amostra com respeito à variação de sua massa, que está sujeita ao aquecimento a uma velocidade constante (TG) e a qualificação e quantificação da variedade de gases liberados, que são continuamente medidos e analisados (CG/MS), dessa maneira é possível entender o sistema completo do mecanismo da decomposição térmica de uma amostra, através da aquisição da curva TG e de dados moleculares.

Entre as principais técnicas destaca-se a Termogravimetria (TG) e a Análise Térmica Diferencial (DTA). A (TG) consiste numa técnica pela qual a variação da massa de uma amostra é medida em função da temperatura ou do tempo, sendo usada para indicar as

temperaturas em que ocorrem as interações reativas que envolvem ganho ou perda de massa, bem como para quantificá-las. Nesta análise termogravimétrica é possível identificar os parâmetros de estabilidade de cada amostra analisada. Algumas técnicas empregadas na análise térmica são compreendidas por exemplo: espectroscopia de refletância dinâmica, crioscopia, ebuliometria, calorimetria, titulações termométricas, análise termoeletrica, análise termomecânica.

A utilização de métodos de análise térmica permite realizar a determinação de muitas propriedades dos materiais, tais como: estabilidade térmica, percentual de água fisissorvida e quimissorvida, pureza, pontos de ebulição, calores de transição, calores específicos, coeficiente de expansão linear, inflamabilidade, reações metal-gás, caracterização de catalisadores, cristalização, caracterização de minerais, caracterização de fibras, controle de produtos cerâmicos, transições do vidro, controle de qualidade de polímeros, etc.

Estudos realizados por Dantas et al., (2006), mostraram que os principais métodos termogravimétricos se classificam em dinâmico, isotérmico e quase-isotérmico.

A figura 11 apresenta as curvas típicas dos principais métodos termogravimétricos.

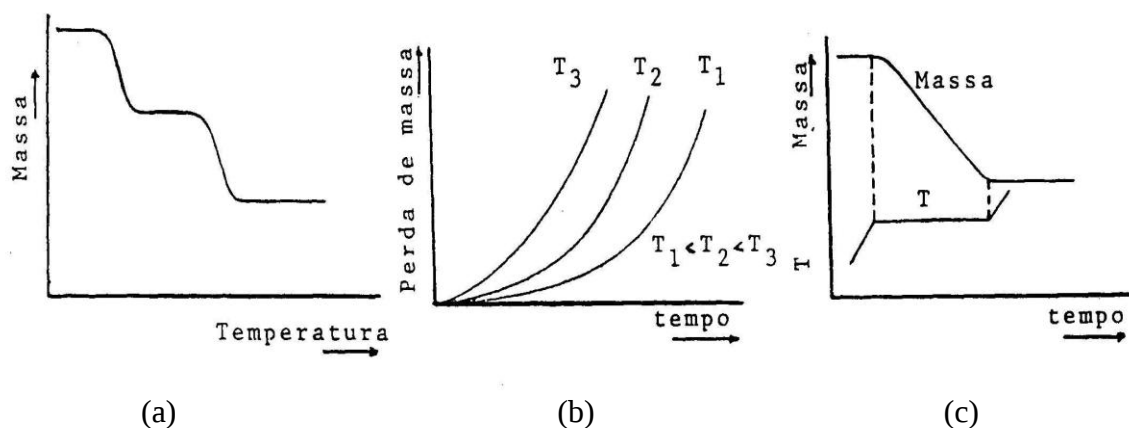


Figura 11: Curvas típicas dos principais métodos termogravimétricos: (a) dinâmico; (b) isotérmico e (c) quase-isotérmico.

Fonte: (Dantas et al., 2006).

No método dinâmico, a perda de massa da amostra é registrada continuamente à medida que a temperatura aumenta. Já no método isotérmico, a temperatura é medida constante, sendo registrada a variação da massa em função do tempo. Por último, no método quase-isotérmico, a partir do momento em que começa incidir a perda de massa da amostra ($\Delta m \neq 0$), a temperatura é medida constante até que a massa se estabilize novamente ($\Delta m = 0$),

neste momento recomeça-se o aquecimento e este procedimento pode ser repetido em cada etapa da decomposição da amostra (YOSHIDA, 1993).

A técnica de instrumentação correta nos fornece a garantia da precisão e a exatidão dos resultados nos ensaios das análises térmicas. É oportuno observar com competência e cuidados especiais os fatores variáveis e de difíceis controles, tais como, a solubilidade dos gases liberados, compactação da amostra e perturbações eletrostáticas.

Os pesquisadores Keatch & Dollimore (1975); Cavaleiro et al. (1995), mencionaram em seus estudos os dois fatores que podem influenciar nos aspectos das curvas termogravimétricas são: os fatores instrumentais (atmosfera do forno; composição do porta-amostra; razão de aquecimento do forno; razão do fluxo do gás de arraste; sensibilidade do mecanismo de detecção, geometria do porta-amostra e do forno) e os fatores característicos da amostra analisada (natureza, granulometria, quantidade, compactação, solubilidade dos gases liberados, condutividade térmica e calor de reação). É de grande importância o conhecimento detalhado da ação destes fatores, vez que, permite ao operador tirar inúmeros proveitos das curvas termogravimétricas, evitando que os erros inviabilizem o correto resultado da análise térmica.

O termo termogravimetria implica numa técnica na qual a variação da massa de uma amostra é medida em função da temperatura ou do tempo, sendo utilizada para indicar as temperaturas em que ocorrem as reações que envolvem ganho ou perda de massa, bem como, para quantificá-las.

4.0 MANDIOCA

Conhecida cientificamente por Manihot esculenta Crant, é popularmente chamada de macaxeira ou “alimento do pobre” desempenha elevada importância social e econômica, constituindo-se em fonte de renda e de energia para cerca de 700 milhões de pessoas, principalmente para aqueles de baixa renda dos países em desenvolvimento (GUSMÃO et al., 2006; MENDES NETO, 2006; SILVA, 2006).

Segundo Gusmão et. al., (2006), a mandioca é uma cultura agrícola muito importante por constituir a base alimentar das populações de baixa renda, podendo ser utilizada industrialmente para produção de farinha, fécula e tapioca.

A mandioca é uma matéria-prima produzida em todos os estados do Brasil, com custos de produção, relativamente baixo em relação às culturas agrícolas, além de se apresentar com poucos riscos e baixos investimentos (SILVA et al., 2009). Devido a sua grande capacidade de armazenar amido nas raízes pode ser uma alternativa viável para a produção de álcool, incentivando a industrialização e favorecendo aos pequenos e médios produtores rurais.

As variedades de mandioca são classificadas em “mansa” e “brava”. A mandioca mansa, também denominada de mandioca de mesa ou macaxeira, tem como, destino os mercados e as feiras livres para consumo humano “in natura”. A mandioca brava é destinada as indústrias de transformação e seus derivados são farinha, fécula, etanol (álcool), entre outros. Na fabricação destes produtos são gerados alguns resíduos sólidos e efluentes potencialmente poluidores.

Os efluentes originados nas etapas de processamento da mandioca têm aproveitamento muito restrito, com algumas exceções em fertirrigação, como inseticida, nematicida e herbicida.

A manipueira, extrato líquido gerado no processamento da mandioca, possui aspecto leitoso, contendo de 5 a 7% de féculas, glicosídeos cianogênicos e glicose, bem como substâncias orgânicas e nutrientes minerais, que sustenta a potencialidade do composto como adubo.

Para Cardoso (2005), apesar do risco de contaminação das águas subterrâneas, o uso racional da manipueira como biofertilizante é possível. Este processo sustentável de emprego do coproduto manipueira, se dá respeitadas as limitações do campo, sendo aplicado na forma de aspersão mecânica sobre as culturas, como forma do reaproveitamento agrícola, gerando economia e reduzindo impactos ambientais.

Para Cláudio Cabello (2005), o etanol oriundo da mandioca mostrou viabilidade superior com relação às principais matérias primas, por exemplo, a cana-de-açúcar no Brasil no que se refere à conversão teórica de álcool.

Segundo Rizato (2009), dados da Food Administration Organization (FAO), em 2008 apontaram que em termos mundiais a mandioca apresentava maior eficiência na conversão de etanol (álcool) em relação às culturas de cana-de-açúcar e beterraba, como apresentado na tabela 22.

O cálculo do rendimento foi obtido da planta pré-processada, sendo a matéria prima em forma de raiz, grão, bulbo, colmo, etc., para mandioca, milho, sorgo e outras.

Tabela 22
Produção de etanol, rendimento e eficiência de conversão

Produto	Rendimento (t/ha)	Eficiência na Conversão (L/t)	Rendimento do biocombustível (L/ha)
Beterraba	46	110	5.060
Cana-de-açúcar	65	70	4.550
Mandioca	12	180	2.070
Milho	4,9	400	1.960
Arroz	4,2	430	1.806
Trigo	2,8	340	952
Sorgo	1,3	380	494

Fonte: RIZATO,(2009), apud CASANOVA, (2011).

A tabela 23 apresenta a viabilidade comparada entre as culturas de mandioca e cana-de-açúcar. A mandioca mostra que vem ganhando espaço em produtividade e com potencialidades ainda não esgotadas, enquanto que a produtividade da cana de açúcar foi tomada pela média.

Tabela 23
Comparação de viabilidade entre as culturas de mandioca e cana-de-açúcar

Componente	Mandioca	Cana-de-açúcar
Produtividade Agrícola (t/ha.ano)	30,0	80,0
Açúcares Totais (%)	35,0	14,5
Produtividade em açúcares (t/ha.ano)	10,5	11,6
Conversão teórica (m ³ /t açúcares)	0,718	0,681
Produtividade em etanol (m ³ /ha.ano)	7,54	7,9
Preço CIF matéria prima (R\$/t)	110,09	38,7
Custo unitário etanol (R\$/m ³)	437,66	391,9

Fonte: CABELLO, (2005).

Para Cabello (2005), o requerimento de um pré-tratamento como diferença de processo entre matérias primas amiláceas e sacarídeas ainda é, á primeira vista, uma desvantagem para o amido. De certa forma o carboidrato se mostra com maior fonte de energia apresentado maiores concentrações por unidade de matéria prima vegetal.

Os amidos são importantes fontes de carboidratos para os processos de fermentação etanólica e as pesquisas, tanto no desenvolvimento da produtividade agrícola, quanto para otimizações dos sistemas de produção, certamente irão diminuir ainda mais a lacuna existente na sua utilização e trarão uma maior valorização destas matérias primas representadas pelas tuberosas amiláceas.

A produção do etanol a partir da mandioca segue linha industrial semelhante à fabricação do etanol a partir de cereais. Pode-se obter por hidrólise enzimática, a diferença entre os processos são algumas etapas, tais como: lavagem das raízes, desintegração, cozimento/gelatinização, sacarificação, fermentação, peneiramento, destilação, acondicionamento/envelhecimento, armazenamento, distribuição.

4.1 Mandioca no mundo

Nas últimas três décadas a produção de mandioca saiu de 96,6 milhões de toneladas até atingir 202,7 milhões, o que representa uma taxa de crescimento de três por cento ao ano.

A cadeia produtiva de mandioca na Tailândia (Ásia) é altamente desenvolvida em todos os segmentos. Os órgãos Tailandeses em suas pesquisas têm dispensado bastante ênfase à cultura da mandioca e os produtores se organizaram em Associações. Esse procedimento justifica o domínio das exportações que, alias, ainda recebem ajuda do Governo todas as vezes que as cotações internacionais de fécula e dos “pellets” estão desfavoráveis a exportação. Na questão dos plantios de mandioca, a Tailândia guarda uma estreita semelhança com a exploração agrícola brasileira.

A tabela 24 ilustra a produção mundial de mandioca em raiz (milhões de toneladas) no período de 1970 a 2004 e sua projeção para 2070.

A América Latina estabilizou a sua produção nos 35 milhões de toneladas da raiz de mandioca. A África registrou um crescimento no cultivo de mandioca desde 1970/2004 e a

aceitabilidade desta raiz vem aumentando na Nigéria, Congo e Ghana, como pode ser verificado pela tabela 24.

Tabela 24
Produção mundial de mandioca em raiz (milhões de toneladas).

Região e País	1970 (%)	1991 (%)	2000 (%)	2002 (%)	2003 (%)	2004 (%)	Participação (%)	2004/2070 (%)
África	40,9	74,2	96,7	99,6	101,9	108,1	53,3	164,3
Nigéria	10,2	26,0	32,0	32,7	33,4	38,2	18,8	274,0
Congo	10,3	19,4	16,0	14,9	14,9	15,0	7,4	45,6
Ghana	1,5	5,7	8,1	9,7	10,2	9,7	4,8	546,7
Outros	18,9	23,1	40,6	42,3	43,4	45,2	22,3	139,2
Ásia	22,4	53,2	49,8	51,4	55,8	58,9	29,1	162,9
Tailândia	3,2	17,1	19,1	16,9	18,4	20,4	10,1	537,5
Indonésia	10,7	20,9	16,1	16,7	18,5	19,3	9,5	80,4
Outros	8,5	15,2	13,7	17,8	18,9	19,2	9,5	125,9
A. Latina	35,3	32,9	31,3	32,8	32,3	35,7	17,6	1,1
Brasil	30,0	24,5	23,0	23,1	23,0	23,8	11,7	20,7
Outros	5,3	8,4	8,3	9,7	9,9	11,9	5,9	124,5
Total	98,6	160,3	177,8	183,8	190,0	202,7	100,0	105,6

Fonte: (FAO, SEAB/DERAL, 2007)

Dos países africanos, destacam-se a Nigéria e Ghana. A Nigéria como o maior produtor mundial, tendo apresentado uma participação de 18,8% no período de 1970 a 2004. Em 2004, participou com 38,2% dos 202,7 milhões de toneladas produzidas no mundo. O Ghana apresentou uma evolução na sua produção de mandioca, atingindo 9,7%, em 2004.

O Brasil, que já foi o maior produtor mundial e participou com 30% em 1970, praticamente fixou este volume na média de 23 milhões de toneladas e em 2004 contribuiu, com apenas 11,7% de sua produção. Dados estatísticos mostram que nos anos 70, a raiz de mandioca foi bastante utilizada na alimentação animal, principalmente na suinocultura. Atualmente, é incorporada num composto (mistura) alimentício balanceado, que difere para cada categoria animal.

O preço médio de exportação se situaram na faixa de US\$ 220/ton. de fécula FOB Bank, estando o comércio de fécula e de “pellets” atingindo cerca de 85% do total das

exportações mundiais de produtos da mandioca. A participação do Brasil não ultrapassou 6% do volume da produção anual (2004).

4.2 Mandioca no Brasil

Considerada como um produto genuinamente brasileiro a mandioca é originária do cultivar mandioca planta oriunda da América do Sul foi introduzida nos países Africanos e Asiáticos e atualmente é produzida por mais de 80 países.

No Brasil a raiz de mandioca é produzida em todos os estados do país, com custo de produção relativamente baixo em relação às outras culturas agrícolas nordestinas, além de ser um cultivar com poucos riscos e com baixos investimentos para sua implantação (ABAM, 2007).

Em 2011, a EMBRAPA apresentou a participação da produção de cultivo da raiz de mandioca, onde pode ser verificado na Figura 12, que a região nordeste se destacou com 31,24 % de área total cultivada, que representou 43% da área total nordestina cultivada com este tubérculo.

A mandioca no campo energético participa com a produção de etanol (álcool), que é apenas um dos produtos, mas a cadeia produtiva deve ser completada com o cultivo de forragens, féculas, entre outras. Assim como o algodão, a mandioca não compete nem impossibilita o plantio de outros alimentos para humanos, tão necessários para combater a fome e a miséria retratadas nos elevados índices de criminalidades e concentração populacional, mostrada nas grandes cidades.

A figura 12 apresenta a produção brasileira de mandioca por região fisiográfica em 2011; participação na produção.

**Produção brasileira de mandioca por região
fisiográfica em 2011: participação na Produção**

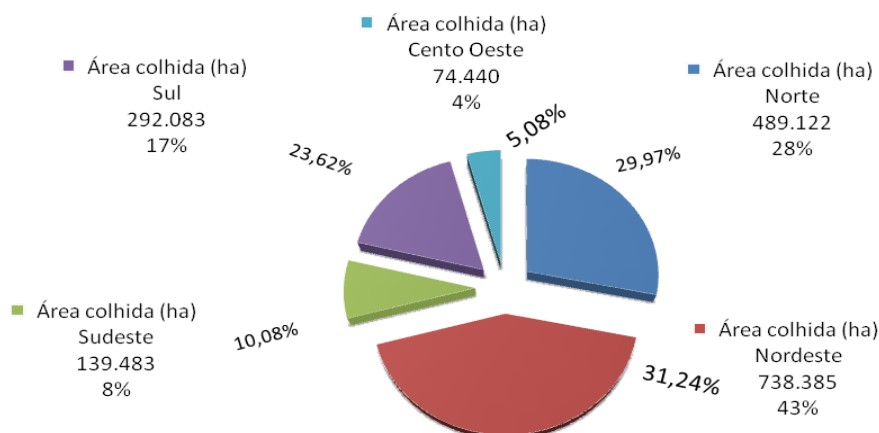


Figura 12: Produção Agrícola brasileira de Mandioca, em 2011

Fonte: (EMBRAPA, 2011)

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003) mostraram que a produção da mandioca esteve incluída entre os nove primeiros produtos agrícolas do país em áreas cultivadas. Os principais Estados brasileiros produtores de raízes frescas foram: Pará (17,8%), Bahia (15,8%), Paraná (15,8%), Rio Grande do Sul (5,6%), Maranhão (4,98%) e São Paulo (4,63%). Estados estes que em conjunto foram responsáveis por 64,6% da produção de mandioca do país. Tendo sido neste mesmo ano o valor da produção agropecuária brasileira de R\$ 118,56 bilhões e a mandioca respondeu por R\$ 3,28 bilhões. (IBGE, 2003, apud HOPPE et al., 2009).

4.3 Mandioca na Paraíba

A mandioca é cultivada em quase todos os Estados do País e apresenta custos de produção relativamente baixos em relação as outras culturas agrícolas, além de ser um vegetal com poucos riscos e com baixos investimentos. Na Paraíba a época de plantio é considerada de extrema importância para os agricultores, devido a produção da mandioca de melhor qualidade, principalmente pela sua relação com a presença de umidade no solo, necessária para a brotação das manivas e enraizamento.

Os principais elementos climáticos que afetam a cultura da mandioca são a temperatura do ar, a radiação solar, o fotoperiodismo e o regime hídrico. A falta de umidade

durante os primeiros meses após o plantio causa perdas na brotação e na produção, enquanto que o excesso, em solos mal drenados, prejudica a brotação e favorece a podridão das raízes.

O zoneamento agrícola de risco climático para o Estado da Paraíba contempla como aptos ao cultivo da mandioca, os solos tipos 2 e 3, especificados na Instrução Normativa nº 10, de 14 de junho de 2005, publicada no Diário Oficial da União (DOU), de 16 de junho de 2005, Seção 1, página 12, alterada para Instrução Normativa nº. 12, através de retificação publicada no DOU, de 17 de junho de 2005.

Pesquisas realizadas no solo Paraibano identificaram que as datas de plantio com menor risco climático para a cultura da mandioca foram idênticas para dois tipos de solos, 2 e 3, onde foram recomendados. Os solos tipo 2 são solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia, com profundidade igual ou superior a 50 cm. Enquanto que os solos tipo 3 possuem as características de solos com teor de argila maior 35%, com profundidade igual ou superior a 50 cm; e também, solos com menor 35% de argila e menor 15% de areia (textura siltosa), com profundidade igual ou superior a 50 cm.

A cultura da mandioca desempenha um importante papel no Estado da Paraíba, tanto como fonte de energia, na alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e renda.

Na parte legal, de um modo geral não são indicadas para o plantio áreas de preservação obrigatória, de acordo com a Lei n. 4.771 do Código Florestal Brasileiro; solos que apresentem teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo; solos que apresentem profundidade inferior a 50 cm; solos que se encontram em áreas com declividade superior a 45% e solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matações (diâmetro superior a 2,0 mm) ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno.

Na Paraíba o período indicado para o plantio da mandioca deve ser cumprido para o produtor diminuir a probabilidade de perdas das suas lavouras. Por ocorrência de déficit hídrico aumenta suas chances de obtenção de maiores rendimentos.

Muitos dos produtores e processadores do produto da mandioca estão com dificuldade em encontrar alternativas economicamente viáveis para diversificar o emprego da matéria prima deste cultivar. A mandioca para o nordestino representa a preparação mais importante da sua dieta, por ofertar fonte de energia de fácil absorção humana, sendo cultivada

basicamente por quase todos pequenos produtores, porque utilizam pouca tecnologia no trato deste cultivar.

A mandioca cultivada se destina para diferentes utilidades, principalmente a alimentação humana e animal, e, em pequena quantidade a indústria na obtenção de farinhas, raspas, farelos, etc. Apresenta-se como uma cultura frágil aos ataques de micro-organismos do solo, sendo afetada em nas raízes, causando a podridão, o que provoca a baixa produtividade. Segundo Fukuda (1991), a podridão das raízes da mandioca provoca perdas que variam de 30 a 70%, podendo em situações graves, acarretar perda total da produção.

Na atualidade são discutidas novas formas de investir em destilarias para produção de álcool (etanol) e estão surgindo alternativas tendo como origem este tubérculo. Mas, é bom frisar que qualquer produto que contenha uma quantidade considerável de carboidrato, pode ser usado para produzir álcool. Porém, para ser economicamente viável esta produção é preciso levar em consideração o volume de produção, o rendimento industrial e o custo de fabricação.

No Brasil, a maior quantidade de mandioca cultivada é direcionada a indústria para a produção de farinha e outros derivados, enquanto o mercado de raiz para consumo humano e animal é menor e regional. A cadeia produtiva da mandioca para a indústria e para mesa é diferenciada, ou seja, de um lado existem unidades para processamentos da raiz em diversas regiões do país, tendo como o produto principal a fécula ou farinha. A cadeia da mandioca destinada a mesa (consumo humano) equivale a cerca de 15% do total de raiz produzida (CAMARGO FILHO & ALVES, 2004).

Para entender a cadeia produtiva da mandioca é necessário buscar as estruturas e as funções de um determinado agronegócio, pois:

[...] a cadeia produtiva envolve desde a fabricação de insumos, a produção das fazendas, a sua transformação até o seu consumo. Incorpora todos os serviços de apoio, desde a pesquisa e assistência técnica, processamento, transporte, comercialização, crédito, exportação, serviços portuários, dealers, bolsas e industrialização até o consumo final. O valor agregado do complexo agroindustrial passa obrigatoriamente, por cinco mercados: o de suprimento; o de produção propriamente dito; o de processamento; o de distribuição; e “o do consumidor final” (CALDAS et al., 1998).

Podemos resumir a cadeia produtiva da mandioca em três linhas: *os fornecedores* - os principais fornecedores são os produtores rurais que cultivam a mandioca. São os produtores de máquinas e equipamentos, os vendedores de lenha de eucalipto, e os fornecedores de implementos agrícolas; *a indústria* - composta por fabricantes de farinha, de féculas e de produtos derivados, formada por diferentes portes de empresas, sendo a maioria delas de pequeno porte; *empresas distribuidoras* - podem ser as próprias farinheiras e feculárias ou os distribuidores autônomos (IPARDES, 2006).

A cadeia produtiva da mandioca, dentro da cultura de subsistência só é usada para a produção de farinha, o que a torna de baixo poder de competitividade economicamente comparando-as a outras culturas, inclusive, capim para alimento de animais.

Os pesquisadores Almeida e Ledo (2004), informaram que do total da mandioca produzida no Brasil, 20% são destinados às feculárias e 80% às farinheiras.

Na tabela 25 serão comparados alguns substratos potenciais para produção de etanol no Brasil, considerando-se produtividade nas regiões características de produção, e quantidade média de carboidratos totais. Deve-se ter em mente que estes não devem ser os únicos parâmetros para escolha de uma matéria prima, pois os custos da produção de etanol dependem também dos custos de cultivo, transporte e processamento, além de outros aspectos não econômicos a serem considerados.

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, 2003, a indústria de insumos, encontrada antes da Portaria, que se caracteriza pelo fornecimento de equipamentos, de máquinas, de corretivos e de fertilizantes através das empresas de vendas não tem grande destaque nesta cadeia produtiva pela pouca utilização desses insumos e baixo nível tecnológico na lavoura de mandioca.

Tabela 25
Potencialidades amiláceas e açucaradas em carboidratos e etanol.

Matéria prima	Carboidratos totais (%)	Produtividade agrícola (t/ha)	Produtividade carboidrato (t/ha)	Potencialidade em etanol (m ³ /ha)
Mandioca	34,0	13,5	6,8	4,9
Araruta	28,9	12	3,5	2,5
Inhame (aipim)	26,8	25	6,7	4,8
Batata-doce	26,1	17	4,4	3,2
Cana-de-açúcar	12 – 17	77	9,2 – 13	6,0 – 9,0 ¹

Fontes: (BNDES, 2003)

¹ Produção real de etanol a partir da cana-de-açúcar.

O consumidor também não tem grande destaque, pois a produção final destina-se mais para as indústrias de transformação do que necessariamente para o consumidor final.

Pesquisas confirmam que uma das dificuldades enfrentadas pelo setor mandioqueiro está relacionada à grande oscilação do preço da matéria prima. Como consequência muitas farinheiras têm operado informalmente chegando a parar suas atividades por alguns meses enquanto feculárias procuram reduzir suas produções para equilibrar suas operações com a dinamicidade do mercado (IPARDES, 2006).

Diante de tais dificuldades, o setor vem buscando alternativas de diversificação da produção e uma das discussões presentes na atualidade se refere à transformação da mandioca em etanol (álcool).

4.4 Implantação de usina de etanol: cálculos custo-benefício

Os métodos usados para a avaliação econômica da viabilidade de um empreendimento são os tradicionais, requerem estimativas de custos capitais fixos, dos custos operacionais e do preço de venda dos produtos. Partindo destas informações se calcula o período de retorno do investimento, a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e a relação Benefício-Custo (B/C).

Para Mishan (1972), a análise custos e benefícios procura responder se os vários projetos de investimentos devem ser empreendidos e quais destes projetos específicos devem ser escolhidos. Para CONTADOR (2000) a verificação da análise custo-benefício trata-se de uma forma racional de decidir se determinado empreendimento é viável ou não em determinadas condições de mercado. O empreendimento é considerado viável quando a relação benefício custo (B/C) for maior do que 1 (um), ou seja, quando os benefícios forem maiores que os custos. Quanto maior esta relação, mais atraente será o projeto. Se apresentar o TIR negativo, indica que a taxa de rentabilidade do capital empregado pode oferecer maior rendimento em alternativa de aplicação, além do projeto.

A razão de custo benefício (Eq. 1) representa a somatória de todos os custos e de todos os benefícios, elevados a uma taxa de juros durante o período para o projeto (CONTADOR, 2000). A análise custo-benefício é uma técnica econômica que tem como propósito comparar os benefícios de um empreendimento (suas receitas geradas), com os custos.

$$\frac{B}{C} = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (Eq.01)$$

Onde: R_j - receitas do período j ; C_j - custos do período j ; i - taxa de juros

Em termos gerais numa análise de custos e benefícios se procura responder os vários projetos de investimentos devem ser empreendidos e, no caso dos recursos de investimentos serem escassos, quais dos projetos específicos deve ser escolhido.

Numa análise ilustrativa de um horizonte de 15 anos, os investimentos necessários para a implantação foram calculados por Magalhães et al., 2007, bem como, o seu retorno financeiro e o tempo necessário para receber o lucro (ressarcir esses custos aplicados). Utilizou-se a taxa de juros SELIC de 11,25% ao ano, baseada na média anual.

Os indicadores e suas representações, utilizados para análise da viabilidade econômico-financeira de implantação da Usina de etanol foram:

- 1) Valor presente líquido (VPL) – índice que permite obter a viabilidade econômico-financeira da implantação de um projeto ao longo prazo (BUARQUE, 1984). Para CONTADOR (2000), corresponde à soma algébrica dos benefícios e dos custos de um empreendimento, atualizados a uma taxa de juros que reflita o custo de oportunidade do capital. O empreendimento será variável se o VPL for positivo;
- 2) Taxa Interna de Retorno (TIR) – taxa de juros que anula o valor presente das receitas líquidas resultantes do projeto (Eq. 03), quando comparados com o valor presente dos desembolsos [...] (MARIM, 1980);

Este indicador é um dos mais utilizados como parâmetros de decisão. O critério adotado diz que um projeto é viável e deve ser considerado como alternativa para execução se sua taxa interna de retorno é igual ou maior que o custo de oportunidade dos recursos para sua implantação.

- 3) Taxa de rentabilidade (TR) – taxa que representa uma porcentagem de rentabilidade sobre o capital inicial investido num determinado período de tempo;

- 4) Período de recuperação econômica de capital (pay-back) – tempo necessário para o investimento recuperar o capital investido (NOGUEIRA, 1999). É obtido pela razão Investimento Inicial (I_0) pelo Lucro líquido total anual. É um indicador mais simples e conhecido. Mostra o número de períodos necessários para recuperar os recursos despendidos na implantação do projeto. A vantagem deste critério é a sua simplicidade e cálculo imediato;
- 5) Indicador (ROIA) – indicador de valor mais efetivo (SOUZA; CLEMENTE, 2008);
- 6) Taxa mínima de atratividade (TMA) – taxa utilizada para a avaliação da atratividade do investimento, que pode ser definida pelo custo de capital da empresa.

Magalhães et al., (2007) realizaram os cálculos da implantação da usina de etanol com auxílio da planilha eletrônica do Excel, tendo considerado os índices de ROIA (indicador de valor mais efetivo) e o de custo benefício (BC), para tanto, aplicaram as seguintes expressões algébricas.

4.4.1 Expressões algébricas de análise econômico-financeira da usina de etanol

- 1) Valor Presente Líquido (VPL)

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I \quad (\text{Eq. 02})$$

Onde: R_j - receitas do período j ; C_j - custos do período j ou fluxos de líquido de caixa do projeto/investimento; i - taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa; I - investimento inicial; VPL = soma algébrica de todos os valores líquidos descontados para o momento presente; j = número de períodos ou horizonte do investimento ou empreendimento.

- 2) Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

O valor da taxa “ i ” para ser usada no processo de descapitalização do fluxo de caixa é conhecido como Taxa de Mínima de Atratividade.

3) Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$\sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1 + i^*)^j} = I \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde: R_j - receitas do período j ; C_j - custos do período j ; i - taxa de juros;

I - investimento inicial; i^* - taxa de juros que iguala todos os custos dos projetos com todas as receitas do mesmo, ou seja, TIR. TIR = A taxa que iguala o VPL a zero.

4) Taxa de Rentabilidade (TR) (Eq. 04)

$$TR(\%) = \frac{VPL}{I \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1 + i^*)^j}}$$

Onde: VPL = Valor presente líquido

I = Fluxos de saída inicial ou investimento inicial;

C_j = Fluxos de líquido de caixa do projeto/investimento;

i^* = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa;

n = número de período ou horizonte do investimento ou empreendimento.

5) Período de Recuperação do Capital (PRC) ou Período de Pay-back descontado

$$PRC = \sum_{j=0}^n \frac{RL}{(1+i)^j} \geq 0 \quad (\text{Eq. 05})$$

Onde:

RL = Retorno ou benefício líquido esperado pela entrada de caixa
(fluxos operacionais líquidos);

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa;

j = número de período

6) Índice de lucratividade (IL) ou Índice benefício-custo (IBC)

$$IL \text{ ou } IBC = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{RL}{(1+i)^j}}{I_0} \quad (\text{Eq. 06})$$

Onde:

RL = Retorno ou benefício líquido esperado pela entrada de caixa (fluxos operacionais líquidos);

n = Período de recuperação do capital;

i = Taxa de desconto (juros) considerado para atualizar o fluxo de caixa;

j = número de período.

I_0 = Fluxos de saída inicial ou investimento inicial

7) Retorno adicional sobre o Investimento inicial (ROIA)

É uma das melhores estimativas da rentabilidade, representa a riqueza (em percentual) gerada, além da Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Desta forma, o ROIA é o análogo percentual do conceito de Valor Econômico Agregado (EVA), derivado assim da taxa equivalente ao IBC para cada período do projeto.

Segundo Vieira (2008), “há tendência mundial de uso do álcool como combustível automotivo, em função da escassez de petróleo e da necessidade de redução da poluição ambiental, exigida pelo Tratado de Kyoto, que prevê a redução da emissão de gases provenientes do petróleo. Com isso, haverá aumento do valor do álcool produzido a partir de biomassas. Desta forma, em breve, a produção de mandioca será realidade, sobretudo considerando-se que as destilarias de álcool da cana ficam ociosas por período de 5 a 6 anos, devido à entressafra da cana”. Em sua análise afirma que as destilarias de álcool de mandioca poderiam operar durante praticamente o ano todo, enfatizando que a viabilidade econômica e distribuição seriam melhoradas, principalmente com relação à forma de comercialização do produto, que atualmente é enviado para cerca de 30 distribuidoras, em todo País.

4.5 Produção de etanol carburante

A produção de etanol carburante da mandioca não se constitui como uma novidade no Brasil. No país essas experiências iniciaram em 1932, com a construção de uma destilaria de álcool de mandioca no município de Divinópolis em Minas Gerais. No período entre 1932 –

1942, se fabricava álcool com destilação de 5.000 litros diários, atingindo a produtividade de 198 litros por ton. de mandioca (CAMARGO, 1986).

Na produção do etanol de mandioca ocorre a conversão do amido em glicose por via enzimática, utilizando-se das enzimas alfa-amilase e beta-amilase, e posterior processo de fermentação alcoólico do açúcar (glicose) por ação das leveduras, com produção do álcool etílico obtido por processo de destilação do mosto fermentado.

Outras destilarias brasileiras em número de cinco chegaram a ser construídas e entraram em atividade, porém com a concorrência da cana-de-açúcar praticamente todas fecharam. A única destilaria que continuou funcionando foi à empresa CORACI, localizada no município de São Pedro do Turvo, Estado de São Paulo, atuando no ramo da perfumaria e remédios.

A discussão da produção de álcool a partir do insumo da mandioca volta a ser falada por questões mundiais de preservação ambiental e rumos da política energética dada no país (PAULILLO; MELLO; VIAN, 2006).

A produção de etanol a partir de mandioca não se constitui uma novidade no Brasil, dados mostra sua origem desde 1932, com a construção de uma destilaria que segue uma linha industrial semelhante à fabricação de álcool a partir de cereais. A necessidade de hidrólise do amido no preparo do mosto limita o uso da mandioca como matéria prima para a produção do álcool. A solução passa pelo aprimoramento das técnicas de cultivo de mandioca, visando elevar a produção agrícola e estudar a viabilidade de utilização da parte aérea da planta (cepas e ramas), como fonte de combustível durante o processamento (CEREDA, 2001).

A figura 13 mostra o processo de extração do etanol.

As principais operações envolvidas na produção do álcool etílico industrial a partir da mandioca pelo processo enzimático de hidrólise de amido são:

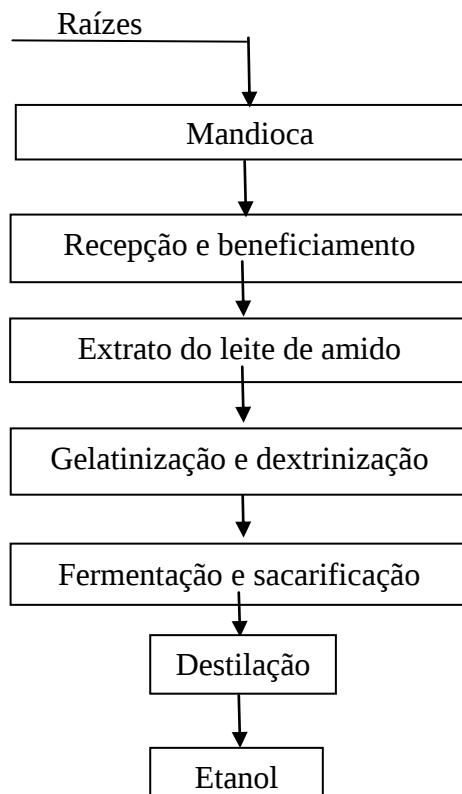


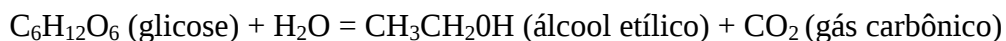
Figura 13: Fluxograma do processo de obtenção do etanol da mandioca

As principais operações unitárias envolvidas na manufatura do álcool etílico industrial a partir da mandioca pelo processo ácido e enzimático de hidrólise de amido são: Recepção e beneficiamento que consistem das operações de pesagem – lavagem – descascamento; Extração do leite do amido nesta etapa ocorre desintegração da matéria prima para aumentar a superfície, acelerar a penetração do calor e o ataque das enzimas amilolíticas ou do ácido, durante a sacarificação. A sacarificação é realizada através do uso do ácido mineral (HCl – ácido clorídrico) ou da enzima alfa-amilase e amiloglicosidase. A fermentação utilizada é a alcoólica e a levedura é o responsável pela transformação do açúcar em álcool etílico. Destilação – nesta etapa a mistura é aquecida até a ebulição, os vapores são resfriados por processo de separação tipo condensação. A mistura é heterogênea e participam dois líquidos imiscíveis, sendo o destilado (mosto fermentado) o constituinte mais volátil.

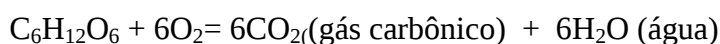
O rendimento teórico da fermentação da glicose e do amido pode ser calculado em 647 e 718,9 L de etanol/toneladas de fécula de raiz fresca de mandioca. A eficiência global do

processo de transformação da fécula de mandioca em etanol está entre 83,5 e 84,9%. Destilarias (micro e mini) nas escalas de 4.000 até 40.000 hectares permitem produzir álcool concentrado (99%) e eletricidade de forma eficiente com vapor à alta pressão.

Esquema de oxidação da glicose, segundo Meyerhoff:



Em aerobiose, há oxidação total da glicose:



Para o estudo da viabilidade econômica de uma usina de produção de Álcool inicialmente deve ser realizada uma análise financeira, considerando o cálculo do montante de investimento da entrada das receitas e das despesas, que podem vir a ocorrer ao longo de um determinado período. Neste sentido se espera saber a existência do retorno atrativo, para motivar a sua implantação.

4.6 Produção de biogás

O processo anaeróbico apresenta algumas vantagens, com relação aos outros tipos de tratamento: baixa exigência em aplicação de energia; promove a estabilização do material orgânico, à custa do metabolismo microbiano, levando a uma diminuição do potencial poluidor, facilitando com isso a sua disposição final; 80 a 90% de energia contida na matéria orgânica estarão nos metabólitos finais que compõem o biogás (metano); utilização do efluente como biofertilizante e reduzida produção de lodo. Motta (1986) comprovou a possibilidade do tratamento da manipueira por digestão anaeróbia com produção de biogás.

Takahashi & Cereda (1986), obtiveram em tratamento anaeróbio, utilizando manipueira, valores de redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO) de até 89%.

O biodigestor de leito fixo consta basicamente de um tanque fechado, recheado com material inerte, que pode ser brita, onde o líquido residual assume uma direção ascendente. As bactérias que degradam a matéria orgânica e produzem biogás permanecem aderidas ao recheio, proporcionando curtos períodos de retenção, permitindo que o biodigestor seja de

porte reduzido. Este tipo de tratamento proporciona retornos na forma de energia renovável, ou seja, biogás e biofertilizante.

No caso da fabricação da farinha de mandioca, o gás poderá ser utilizado nos fornos, diminuindo o custo de processamento e racionalizando o aquecimento. Todo sistema de tratamento implica em investimentos, podendo não representar rápidos retornos financeiros para o produtor. Porém, em longo prazo, diminui a agressão ao meio ambiente e possibilita retornos financeiros.

5.0 PRODUÇÃO DE ALIMENTO ANIMAL

No Brasil, segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível no ano de 2008 a produção de biodiesel foi, aproximadamente, de 350 milhões de litros. Deste total, foram gerados cerca de 38 milhões de litros de glicerina bruta. Pinto et al., (2008) estimaram que a produção deste coproduto a partir de 2010 ultrapassaria as 200 mil/ton./ano, neste patamar a produção de biodiesel atinge à meta de 5% do diesel nacional.

Até pouco tempo, a produção comercial e o consumo de glicerol era considerado uma medida precisa da atividade industrial, pelo fato deste participar de um grande número de processos industriais. No passado tendia a subir em períodos de prosperidade e caía em épocas de recessão. Entretanto, o advento da indústria do biodiesel mudou a dinâmica do mercado, porque o consumo de combustível à base de ésteres metílicos é comandado por fatores diferentes, tais como, a política agrícola, a taxa de créditos, legislação de segurança ambiental e de energia e marco regulatório, assim como os preços do petróleo;

Desse modo, houve um aumento no elo entre a geração de glicerol e a atividade econômica geral. Como alimento, o glicerol é não tóxico e facilmente digerido; seu metabolismo o classifica junto aos carboidratos, embora esteja presente na forma combinada em todas as gorduras vegetais e animais.

Na coloração e aromatização de produtos, o glicerol age como solvente e sua viscosidade do corpo e consistência.

Quando usado em balas e coberturas o glicerol retarda a cristalização do açúcar. Por exemplo: passas saturadas no glicerol permanecem macias quando misturadas a cereal. Os poligliceróis e os ésteres poliglicerídicos têm sido cada vez mais usados em alimentos, particularmente em gorduras e margarinas (KNOTHE et. al., 2006).

Diversos pesquisadores revelaram que o uso da glicerina proveniente do biodiesel tem uma aplicação segura, quando incluída na formulação de rações para aves e suínos até cerca

de 10%, não afetando o desempenho físico, a saúde, a qualidade da carcaça e da carne dos animais.

Entretanto, enfatiza que atenção especial deve ser dada a qualidade da glicerina bruta, pois seu uso deve ser administrado com cautela até que novos estudos esclareçam todos os efeitos da alimentação de animais.

Segundo Knothe et al., (2006), o valor da glicerina é menor como ingrediente em ração para aves, quando em comparação as rações para os suínos.

Com vista na sustentabilidade ambiental é oportuno mencionar que a utilização dos coprodutos gerados na produção do biodiesel, garante a produtividade da cadeia tecnológica do glicerol (líquido comburento), abrindo oportunidades financeiras, diminuindo os problemas que originam a formação de resíduos e desenvolvendo atividades econômicas paralelas.

5.1 Semente de algodão e seus coprodutos nutricionais

A semente de algodão compreende o grão e as cascas. O caroço de algodão é um subproduto obtido nas máquinas algodoeiras, após a retirada da pluma e tem grande utilidade na nutrição dos animais ruminantes (bovinos, suínos, etc.) pelo seu teor em proteína bruta de alta qualidade de 30 a 45%, baixo teor em cálcio 0,2% na matéria seca e alto teor em fósforo 1,1%, possuem fibra em detergente neutro num teor maior que 28%, sendo superior a das outras oleaginosas. Apresenta pouca limitação para ruminantes, exceto bezerro, por não apresentar o completo desenvolvimento do rúmen.

A composição bromatológica do caroço de algodão varia principalmente em função da proporção de línter, que são as fibras de celulose que restam aderidas ao pericarpo da semente, depois que a pluma é extraída. O teor de umidade é bastante variável. Quando o algodão é colhido mais maduro, geralmente o teor de umidade do caroço é menor. O ideal para controle de infestação microbiológica é proceder a análise do teor de umidade do caroço, para controle de umidade, bem como do seu real valor nutritivo.

Línter são fibras curtas encontradas presas ao caroço do algodão após a remoção da pluma, cujo teor pode variar de 4 a 8% na semente, que também servem como fonte de fibra facilmente digestível para os ruminantes. Quando o caroço de algodão é aberto para liberar o grão que será esmagado, resta às cascas, excelente fonte de fibra efetiva, com real capacidade de estimular o rúmen e de alta palatabilidade para os ruminantes.

As cascas podem ser misturadas à torta para a alimentação de bovinos, de forma que o teor de fibra bruta não seja superior a 25%, conforme determinação do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), visando ao controle da concentração protéica que, após a moagem, recebe a denominação de farelo de algodão.

A tabela 26 apresenta a composição bromatológica da semente ou caroço de algodão, em base seca.

Tabela 26
Composição bromatológica da semente ou caroço de algodão, em base seca

PB	PNDR	EE	FB	FDN	NDT	Ca	P	MS	Ell
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Mcal/kg)
23-25	32	17-23	21	44	96	0,16	0,75	92	2,22

Fonte: (Savastano, 2007).

Os símbolos constantes representam: PB – proteína bruta; PNDR – proteína não degradável no rúmen; EE – extrato etéreo; FB – fibra bruta; FDN – fibra em detergente neutro; NDT – nutrientes digestíveis totais; Ca – cálcio; P – fósforo; MS - matéria seca e Ell – energia líquida de lactação.

O caroço de algodão é considerado para os ruminantes um alimento muito palatável e “completo”, porque sintetizam as características de alimento volumoso, como as fibras brutas com conteúdo superior a 18% na matéria seca; de concentrado protéico, apresentando na matéria seca índice superior a 20% e finalmente, de concentrado energético (rico em energia).

Da industrialização das sementes oleaginosas se obtém os óleos vegetais e os coprodutos (tortas e/ou farelos). Estes de acordo com a extração do óleo da matéria prima podem conter composições nutricionais semelhantes às sementes originais, com reduzidos teores em óleos.

A tabela 27 mostra os teores nutricionais do farelo, do farelo com casca e da casca do caroço de algodão, obtidos por processo de extração do óleo, respectivamente, com e sem solvente orgânico.

Tabela 27
Composição de coprodutos do caroço de algodão usados na alimentação animal

Coproducto	PB (%)	EE (%)	FB (%)	MM (%)
Farelo	50	12	50	86
Farelo*	40	12	40	215 – 166
Farelo com casca	30	10	30	22 – 36
Farelo com casca*	25	12	25	25 – 75
Casca de algodão	10	3,0 – 3,5	40	443

Fonte: (Brasil, 1989). * – extração por solvente orgânico

O farelo* de algodão foi efetivado por extração por solventes orgânicos e posterior moagem.

Os óleos vegetais são constituídos de triglicerídeos formados de ácidos carboxílicos de cadeia longa, glicerol, ácidos graxos livres, fosfolipídios, esteróis e tocoferóis. Os ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos mais comuns possuem 12, 14, 16 ou 18 átomos de carbono, podendo apresentar uma ou mais ligações duplas ou hidroxilas, conforme distribuição apresentada na tabela 28.

Tabela 28
Distribuição de ácidos graxos em alguns óleos e gorduras

Composição em ácidos graxos (g/100g)							
Óleo	Merístico	Palmítico	Esteárico	Oléico	Linoléico	Linolênico	Láurico
Algodão	1,5	22	5,0	19	50	-	-
Babaçu	15-16,5	5,8-8,5	2,5-5,5	12-16	1,4-2,8	-	44-45
Coco	13-18,5	7,5-11	1-3	5-8,2	1-2,6	-	44-45
Dendê	0,6-2,4	32-45	4-6,3	38-53	6-12	-	-
Girassol	-	3,6-6,5	1,3-3	14-43	44-68	-	-
Milho	-	7,0	3,0	43	39	-	-
Soja	-	2,3-11	2,4-6	23-31	49-51,5	2,0-10,5	-

Fonte: (Ventura, 2001).

A composição química do óleo depende do tipo de matéria prima e das características de cada safra, são líquidos à temperatura ambiente devido a elevada presença de ácidos graxos insaturados o que o diferencia das gorduras que são sólidas ou pastosas, devido à predominância de ácidos graxos saturados (RINALDI et al., 2007).

O algodão se apresenta como um dos principais farelos oleaginosos no Brasil. O farelo de algodão é obtido da trituração e peneiramento da torta de algodão. A principal utilização do farelo é para alimentação animal, em forma de mistura alimentícia ou ração.

Como a semente se compõe de óleo, carboidrato e proteína, a composição das tortas ou farelos é principalmente destes dois últimos constituintes. Os carboidratos encontrados nas

tortas ou farelos residuais são iguais aos que compõe as sementes originais, isto é, os açúcares, os carboidratos complexos e polímeros, que são o amido, a celulose, as pentosanas, a hemicelulose e a lignina.

5.1.1 Farelo de algodão

O farelo de algodão é conhecido como um coproduto da semente de algodão e se encontra contido no grão que, ao ser esmagado é denominado de torta; é usada na forma obtida ou moída e peletizada para uso animal.

Em função do tipo da extração, podem-se produzir dois tipos de torta: a torta gorda (5% de óleo residual) mais energética, proveniente apenas da prensagem mecânica, porém com menor teor de proteína; torta magra (menos de 2% de óleo residual) oriunda da extração por solvente apresenta concentração, relativamente maior de proteína. Verifica-se, através da Tabela 26, a composição média dos tipos de torta, obtidas por processo mecânico e por solvente. A moagem da torta produz o farelo.

Os coprodutos proteicos da semente do algodão são eficientes na suplementação protéica, mas possuem a desvantagem de ter custos mais elevados por unidade de nitrogênio que as fontes de nitrogênio não protéico (NNP), como a ureia (SWINGLE et al., 1977). A eficiência da utilização de nitrogênio ou amônia pelos microrganismos do rúmen é maior quando a uréia é utilizada em dietas com baixo nível de nitrogênio e elevados níveis de energia, minerais e outros compostos que aumentam a atividade microbiana (CAMPOS & RODRIGUES, 1985).

O uso de ureia pelos ruminantes é limitado em virtude de sua baixa aceitabilidade, sua toxicidade (CHALUPA, 1968), agravada pela sua elevada solubilidade no rúmen, o que a transforma muito rapidamente em amônia (OWENS et al., 1980; DAUGHERTY e CHURCH, 1982), devido a ação da enzima uréase produzida pelos microrganismos ruminantes (OWENS & ZINN, 1988; REYNOLDS, 1992).

O produto resultante da extrusão do amido com a ureia, conhecido como amireia, pode acarretar efeitos positivos na utilização da ureia para ruminantes (HELMER, 1970).

5.1.2 Torta e farinha de semente de algodão

São obtidas após a extração do óleo, pode ser usada como alimento animal e na fabricação de farinhas alimentícias, após desintoxicação; entretanto, sua principal aplicação reside na elaboração de ração animal, devido ao seu alto teor protéico.

A tabela 29 ilustra a composição centesimal (média) dos tipos de torta de semente de algodão.

Tabela 29
Composição centesimal (média) de torta de semente de algodão

Componentes		Extração	
		Mecânica	Química (solvente orgânico)
Matéria seca	(%)	92,3	89,1
Proteína bruta	(%)	46,1	47,6
Extrato etéreo	(%)	4,6	2,2
Fibra bruta	(%)	11,4	11,2
Cinzas	(%)	7,2	7,5
Minerais	(%)	%	%
Ca	(%)	0,21	0,22
Mg	(%)	0,65	0,66
P	(%)	1,14	1,20
K	(%)	1,68	1,72
Na	(%)	0,007	0,14
S	(%)	0,43	0,44
Cu	(mg/kg)	10,9	12,5
Fe	(mg/kg)	106	126
Mn	(mg/kg)	18,7	20,1
Mo	(mg/kg)	2,4	2,5
Zn	(mg/kg)	62,8	63,7

Fonte: (Cottonseed Feed Products Guide, 1998).

Na alimentação animal são utilizados os subprodutos, como caroço, o farelo e as cascas do algodão, fornecendo proteína e energia aos ruminantes, por meio da dieta animal. São usados principalmente na alimentação de poligástricos, pois o caroço de algodão possui o componente antinutricional gossipol, que é tóxico aos monogástricos; é inofensivo aos ruminantes, quando fornecido em quantidades controladas.

Aves alimentadas com caroço de algodão adicionado a dieta, produziram ovo com gema esverdeada, após período de estocagem.

Na dieta dos suínos se recomenda adicionar quantidade inferior a 5% de caroço de algodão na sua alimentação diária. Em pequenas quantidades o gossipol livre é inócuo.

Porém, quando fornecido em grande quantidade e por tempo prolongado, pode provocar lesões cardíacas e hepáticas, principalmente em animais jovens. Se a intoxicação se manifestar, o tratamento é difícil. Mesmo que o animal sobreviva, provavelmente terá que ser sacrificado quando alcançar a idade adulta, porque ficará com sua capacidade de produção comprometida. Desta maneira, recomenda-se não administrar o caroço de algodão para bezerros e outras categorias de animais em crescimento, até alcançarem a idade de reprodução.

5.1.3 Limitação de uso do coproduto de semente do algodão

O limite de inclusão da semente ou caroço do algodão na dieta de bovino fêmea (vaca) é de 2-4 kg de massa seca/vaca/dia e esta relacionada ao seu conteúdo elevado de gordura (18-20% da matéria seca) e ao uso de outros alimentos ricos em extrato etéreo oferecido na alimentação animal.

Na alimentação animal a torta ou o farelo de algodão é utilizada para suprir as necessidades protéicas dos animais, principalmente, dos ruminantes, pois possui um composto chamado de gossipol, que limita a sua área de aplicação, mesmo na produção da misturas alimentícias balanceadas.

A semente do algodão substitui bem a forragem na dieta e representa uma fonte de gordura e de fibra altamente digestível. Porém, a sua limitação de uso se revela pela presença do pigmento tóxico, conhecido por gossipol. O teor do gossipol livre varia, conforme o cultivar, que é de 0,5 a 1,0% na matéria seca. Cultivares resistentes a pragas geralmente possui maior teor de gossipol. A toxicidade pelo fator antinutricional gossipol ou os efeitos subclínicos adversos dessa substância sobre a reprodução não deve ser uma preocupação, pois em produtos originados do algodão (farelo ou torta) não ultrapassam 15% da matéria seca da dieta. É recomendado não fornecer mais do que 700 g/vaca/dia de óleo, provenientes de fontes vegetais ricas em óleo. Em quantidades pequenas o gossipol é inócuo, mas quando fornecido em grandes quantidades e por tempo prolongado pode provocar lesões cardíacas e hepáticas, principalmente em animais jovens.

Savastano (2007), em ensaios com reprodutores machos (touro, bode, carneiro, búfalos, etc.), observou que não se deve fornecer diretamente o caroço de algodão na alimentação animal, pois podem passar a apresentar problemas reprodutivos. As dietas administradas durante um período de dois meses continham misturas alimentícias de

coproduto de algodão elaboradas na base de 0,1% de gossipol. Neste ensaio os animais passaram a apresentar azoospermia ou alteração na morfologia espermática. Diversos testes com dietas variadas foram realizados para solucionar este problema, tendo se concluído que os sintomas apresentados podem ser reduzidos ou mesmo não ocorrer quando as alimentações fornecidas contêm ingredientes ricos em cálcio, que promove a neutralização do efeito provocado pelo gossipol.

A tabela 30 apresenta os conteúdos médios de gossipol em coprodutos de algodão.

Tabela 30
Conteúdo médio de gossipol em coproduto do algodoeiro

Coproduto (%)	Gossipol livre	Gossipol total
Farelo	1,09	0,06
Caroço	1,16	0,14
Casca	0,66	0,68
Prensado (solvente)	0,10	0,05

Fonte: (Cottonseed Feed Products Guide, 1998)

Os suínos são bastante sensíveis a esse pigmento tóxico, podendo intoxicar-se com níveis tão baixos quanto 0,002% de gossipol livre na mistura alimentar.

Os sintomas de intoxicação variam de leves tremores até a morte, em casos severos, devido aos danos causados no fígado e no coração. Em geral, bovinos e carneiros não são muito afetados, porém coelhos e suínos morrem ao serem alimentados com frequência com torta ou farelo de algodão.

Quando o caroço de algodão é usado nas dietas substituindo grãos, ocorre a diminuição do conteúdo de carboidrato não fibroso (CNF) e conseqüentemente a diminuição da quantidade de carboidratos fermentados no rúmen.

Em ruminantes a desintoxicação provocada pela ingestão de gossipol livre ocorre no próprio rúmen, pelo fato de se ligar as proteínas solúveis ou pela diluição no local.

Recomenda-se adicionar sulfato de ferro, óxido ou hidróxido de cálcio as dietas contendo caroço de algodão, para neutralizar os efeitos do gossipol.

Cuidado especial deve ter com a idade do animal, pois animais mais jovens sofrem mais o efeito deletérico do gossipol. O nível de tolerância para bovino fêmea é de 9000 mg/kg e bezerros acima de quatro meses de idade, toleram até 200 mg/kg. Os bovinos machos adultos são dez vezes mais susceptíveis aos efeitos do gossipol que os bovinos fêmeas, pois, podem apresentar redução súbita na quantidade de sêmen produzida.

Para os bovinos não se deve fornecer acima de 15% ou 20% da ração; além desse valor de consumo em bovinos lactantes, pode haver um acréscimo no teor de gordura com decréscimo de proteína. A quantidade do material a ser utilizado na ração é de suma importância, pois deve estar livre de fragmentos estranhos e apresentar coloração branca ou cinza.

A boa semente de algodão deve conter umidade adequada para o armazenamento. Com a estocagem inadequada, os grãos não são conservados por longo período, podendo apresentar o desenvolvimento de microrganismos e, conseqüentemente, baixo estado de conservação do produto com alterações químicas, acarretando redução das qualidades nutricionais.

O nível crítico do teor de umidade da semente de algodão é de 10,8%. A composição aproximada do farelo de algodão extraído por solvente é de lipídios (1%), proteína bruta (40%), fibra (10%), extrato não nitrogenado (32%).

5.2 Processamento de mandioca

A industrialização da mandioca é uma importante alternativa para agregar valor a esta cultura tradicional. Dados estimam que o número de subprodutos provenientes da extração da mandioca seja superior a cento e cinquenta, sendo mais conhecidos os amidos modificados, a farinha, o polvilho azedo, o sagu e a fécula, este último largamente utilizado em áreas têxteis, papéis, indústrias químicas e frigoríficas (LIMA, 2001). As raízes de mandioca também podem ser usadas como fonte de carboidrato na alimentação animal e como insumo em diversos ramos industriais, tais como o de alimentos embutidos, embalagens, mineração, farmacêutico e de cola (SOUZA et al., 2004). A indústria de mandioca, no Brasil, tornou-se conhecida em função da obtenção de produtos amiláceo, tradicionalmente conhecidos como casa de farinha e fecularias. A primeira transforma a mandioca em farinha, tendo como subproduto, o amido. São conhecidas, popularmente, como farinheiras. A segunda é conhecida pelo nome de fecularias, uma vez que extrai da mandioca, a fécula. O porte das

empresas deste setor está relacionado com o tipo, qualidade e quantidade de produto obtido, bem como do produto fabricado e do resíduo gerado no processo.

Das fontes de energia disponíveis, o amido é o mais satisfatório, por ser fermentado á taxa relativamente constante (MAYNARD et al., 1979).

Segundo Cereda & Caetano (1986), as indústrias de processamento da mandioca apresentam variações quanto ao porte e tecnologia utilizada, estando divididas em três grupos distintos: a) Pequenas indústrias artesanais: mão de obra familiar e tecnologia artesanal produzem farinha e polvilho azedo em um volume de 5 t/dia. Apresentam, 35% do total das unidades fabris do setor mandioqueiro, além de não contribuírem com arrecadação de impostos, ignoram o volume de resíduos e efluentes, assim como a sua disposição, sendo muitas vezes, jogados diretamente ao meio ambiente, representando risco de impacto ambiental. b) Pequenos e médios portes industriais: mão de obra contratada usa equipamentos simples; produzem farinha, polvilho doce e azedo, raspas e farinha de raspas, em um volume de 10 a 40 t/dia.

Os aspectos mais graves da produção de derivados da mandioca são a geração de efluentes e resíduos sem destinação ou tratamento correto, na maioria dos casos, sendo lançados nos corpos d'águas causando poluição.

5.2.1 Alternativa racional de uso de mandioca

A mandioca pode ser aplicada na alimentação dos animais, como ingrediente da ração, na forma de farinha integral de mandioca, na forma de farelo de raspas de mandioca ou ainda na forma de farinha da parte aérea da planta deste cultivar. Podendo ainda, ser administrada na dieta animal na forma integral fresca, contendo neste caso elevado teor de água. É considerado um alimento energético, sendo o amido seu principal componente nutricional. Os teores de proteína, aminoácidos e cinzas da mandioca são muito baixos.

As variedades de mandioca bravas ou amargas podem intoxicar os animais, quando usadas imediatamente após sua colheita, pela presença de substâncias que liberam ácido cianídrico. Sendo necessário um tratamento prévio, através da trituração ou corte dos tubérculos em pequenos pedaços, logo após a colheita e exposição ao ar ambiente. O período mínimo necessário para este tratamento é de 12 horas. Este tratamento é suficiente para eliminar o teor de toxicidade da polpa da mandioca brava.

5.2.2 Formas de apresentação de mandioca para consumo animal

5.2.2.1 Mandioca integral (fresca)

O uso da mandioca integral triturada ou picada em pequenos cubos, com alta umidade, é recomendado para animais em crescimento e terminação com fornecimento à vontade, e também pode ser administrado na alimentação de fêmeas em gestação, onde o fornecimento deve ser controlado. Os leitões em fase inicial, bem como as matrizes em lactação não podem consumir a mandioca fresca. As necessidades proteicas, vitamínicas e de minerais devem ser supridas com o uso de concentrado, através da adição de maiores quantidades de núcleo ou premixes.

5.2.2.2 Farinha integral de mandioca

A farinha integral de mandioca é obtida pela desidratação dos tubérculos triturados, com posterior moagem. A secagem ou desidratação pode ser realizada pela exposição ao sol, processo natural por período de 24 a 72 horas, ou com o uso de desidratadores, processo de secagem artificial. A farinha integral de mandioca pode substituir totalmente o milho ou outra fonte de energia para animais em crescimento e terminação. Deve-se dar atenção aos níveis de energia e de metionina, que podem apresentar deficiências. O emprego da farinha integral de mandioca na formulação com farelo de soja, premix, calcário, fosfato bicálcico e sal ou com farelo de soja e núcleo é mais adequado do que o uso com concentrado. Isto porque, no uso do concentrado, há a necessidade de se aumentar a proporção para manter os níveis de proteína bruta e aminoácidos, que se encontra em menor quantidade na mandioca em relação ao milho.

5.2.2.3 Farelo de raspas de mandioca

O farelo de raspas de mandioca apresenta alto teor de fibra e de material mineral, sendo baixo o teor de energia.

Animais em crescimento não devem utilizar coproduto de mandioca que apresenta alto teor de fibras e de material mineral e, baixo o teor de energia, pois reduzem seu desempenho corporal, mesmo em níveis baixos de inclusão. Para animais em terminação, pode ser administrado em até 30% da dieta, desde que se mantenham níveis adequados de energia.

5.2.2.4 Farinha da parte aérea e silagem de mandioca

A farinha da parte aérea é obtida, picando-se os ramos e folhas, secando-os ao sol e fazendo a posterior moagem. A secagem deve ser feita até uma umidade de 12%, quando é realizada a moagem, podendo então ser adicionada à ração.

A parte aérea da mandioca contém maior teor de ácido cianídrico do que as raízes, não podendo ser fornecida fresca aos animais. A farinha seca da parte aérea pode ser adicionada à ração em até 25% da dieta do animal em crescimento e terminação e em até 30% da dieta de matrizes em gestação. Essas dietas são complementadas com óleo e metionina, para ajudar os teores de energia e desse aminoácido, que auxilia na desintoxicação dos resíduos tóxicos que permanecem na farinha.

A silagem da mandioca é feita com a trituração da mandioca e posterior deposição no silo, onde o produto é compactado em camadas de 10 cm, com a adição de 2,5 a 3,0% de sal. O piso do silo deve ter um declive de 0,5% para escoamento do excesso de líquido.

5.2.2.5. Aspectos toxicológicos da mandioca

O ácido cianídrico da parte aérea da mandioca é liberado por hidrólise enzimática dos glicosídeos cianogênicos. Essa hidrólise é acelerada pelo calor, mas quando a temperatura passa dos 75 °C, as enzimas são inativadas.

A quantidade de ácido cianídrico liberado da polpa das raízes da mandioca da variedade mansa não passa de 0,005%. Já na casca e nas raízes inteiras das variedades bravas, o teor de ácido cianídrico é de 0,02 a 0,03%, sendo a linamarina mais ou menos bem distribuída entre a casca e a polpa.

A tabela 31 apresenta o teor em ácido cianídrico e o nível de toxicidade para animais.

Tabela 31
Nível de toxicidade do ácido cianídrico

Teor de ácido cianídrico (mg/kg)	Nível de toxicidade para animais
Inferior a 50	Inócuo
Entre 50 e 100	Moderadamente tóxico
Superior a 100	Altamente tóxico

Fonte: (Carvalho, 1983)

O nível de toxicidade se mede pelo teor de ácido cianídrico contido num quilograma da amostra fresca. O envenenamento de animais com a ingestão de mandioca-brava pode ser evitado quando se processa sua desidratação, que consiste em picá-la e deixá-la bem

distribuída de forma espalhada em secadores de convecção forçada ou de forma mais demorada ao ar livre por um período, respectivamente, de oito e vinte e quatro horas. Esse tempo gasto para eliminar grande parte do princípio tóxico da mandioca-brava, tornando-a inofensiva para os animais.

Quando picadas ou fragmentadas as raízes da mandioca-brava possuem de 32 a 265 ppm de ácido cianídrico (HCN): quando secas e transformadas em farelo, esse teor baixa para 26 a 162 ppm. O processo de ensilagem reduz em 63% o teor de ácido cianídrico.

O ácido cianídrico volatiliza-se rapidamente, por isso, seu teor de toxicidade começa a baixar, logo após a colheita da mandioca. Em vista disso, aconselha-se que, antes de ser fornecida aos animais, a parte aérea da mandioca-brava passe por um processo de murcha (repouso), durante 24 horas. Dessa forma, o teor de ácido cianídrico decresce aos níveis não tóxicos para os animais domésticos.

Na forma de feno, farelo, silagem ou pellets, a parte aérea não representa perigo de toxicidade para os animais.

5.2.3 Alimentação animal

Os recursos alimentares para nutrição animal devem ser constituídos por material nutritivo, composto por macronutrientes: fibras (volumoso), carboidratos (cereais), proteínas (farelos, tortas), lipídeos ou gorduras (ácidos graxos), água; e por micronutrientes: minerais e vitaminas.

A alimentação dos animais do campo geralmente é realizada com vegetais de materiais volumosos (fibrosos) obtidos do beneficiamento e processamento de parte subterrânea da raiz de mandioca (produção de raspas) e do aproveitamento das partes aéreas (hastes e folhas, utilizados na produção do feno).

Dentre as raças de animais domésticos a ruminante, por exemplo, de animais bovinos, possui a categoria com maior grau de exigência alimentar, necessitando de dietas com elevados valores nutricionais. As exigências diárias em nutrientes e energia de um animal são determinadas pelo nível de produção animal, corporal, estágio fisiológico e, também pela interação do mesmo com o meio ambiente em que vive.

Considerando esta necessidade de alimentação é bom enfatizar que todos os animais necessitam receber em sua dieta alimentos de valor energético, proteicos e outros nutrientes, pelo menos numa quantidade mínima diária.

Segundo NRC (1996), o valor energético dos alimentos pode ser estimado a partir de sua composição, sendo então necessário o conhecimento dos teores de proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos, lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido para se estimar o valor energético dos alimentos.

Considerando que o conhecimento da composição química - bromatológica dos alimentos é o primeiro passo para conhecer os parâmetros de uma avaliação nutricional, é necessário conhecer a composição centesimal dos alimentos e as reais necessidades dos animais, que são as exigências nutricionais de cada raça, suficientes para desenvolver as atividades físicas diárias e de evolução da espécie, com desempenho animal suficiente para gerar crias com saúde.

A qualidade do animal depende da alimentação adequada consumida durante as suas refeições diárias, que devem ser balanceadas com diferentes nutrientes. O macro elementos nutricional proteína (espécie protéica) é de tão grande importância como a sua quantidade.

O valor Protein efficiency ratio (PER) é um excelente instrumento nas mãos dos especialistas em alimentos balanceadas, que devem produzir aumento de peso rápido dos animais. Este não constitui uma medida absoluta, para medir o valor nutritivo dos alimentos, envolve apenas um período de alimentação de duas a quatro semanas com um alimento composto artificialmente de carboidratos e gorduras selecionadas, de variadas vitaminas e sais minerais, contendo ainda um nível de 10% de proteínas a serem administradas e confirmadas. Por exemplo: ensaios com a proteína “caseína” do leite, podem ser conduzidos em meio a condições ideais, sendo que qualquer desvio do processo padronizado pode causar resultados contraditórios.

Durante a digestão dos alimentos pelos animais as proteínas são dissociadas em porções menores denominadas de aminoácido, que depois de serem absorvidas no tubo digestivo entra na corrente sanguínea e é liberado para os órgãos do corpo do animal. No

corpo cada órgão, cada tecido toma a quantidade de aminoácido de que necessita para o seu reparo ou para seu funcionamento. Alguns aminoácidos mais simples podem ser elaborados no organismo dos animais, quer partindo de aminoácidos mais complexos ou de outros compostos nitrogenados. Entretanto, determinados aminoácidos não podem ser elaborados nos tecidos do corpo e devem ser fornecidos pelas proteínas dos alimentos. Os aminoácidos que não podem ser elaborados em quantidade suficiente são conhecidos por aminoácidos essenciais.

Os alimentos podem ser classificados com relação ao seu teor de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), percentuais de Matéria Seca (MS) e de Proteína Bruta (PB) (Anexos 1 e 2).

As variações das exigências de energia e proteína para animal, por exemplo, para um bovino leiteiro, contendo o peso vivo de 600 kg podem ser obtidas em três etapas de procedimentos, com ingestão de alimentos nutritivos e incrementos na produção de leite, que servirá para nutrição da cria e o excedente para o consumo humano. Na primeira etapa (início da lactação) deve ser observado o balanço energético (-) do animal, que geralmente ocasiona a perda de peso corporal do indivíduo. Nesta fase de crescimento o animal deve consumir nutrientes de qualidade e bastante água limpa (potável), para manter o balanço energético animal.

Recomenda-se manter: os Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) (73%) e o teor de Proteína Bruta (PB) (19%). Na segunda fase (intermediária) o bovino leiteiro deve produzir de 30 kg/leite/dia e recomenda-se controlar o NDT (71%) e a PB (16%). Na terceira fase (final) o animal vai diminuindo a produção de leite (20 kg/leite/dia) e os NDT (67%) e a PB (15%).

A tabela 32 estima as quantidades de caroço de algodão que podem ser fornecidas ao animal sem prejuízo da digestão microbiana. Para os animais bovinos (fêmeas não fecundadas e novilhos), as quantidades recomendadas na tabela abaixo poderão no geral ser reduzidas em 10% o que já será suficiente para suprir os requisitos de proteína e energia dessas categorias menos exigentes.

Tabela 32

Estimativa de fornecimento diário máximo de caroço de algodão (kg/cabeça/dia), para alcançar o limite de 5% de gordura na matéria seca da dieta de bovinos (em fêmeas não fecundadas) manejadas, exclusivamente, a pasto ou suplementadas com silagem de milho.

Volumoso a base de.....		
Especificação do Animal	Pastagem	Silagem de milho
Novilhas 200 kg PV*	1,0	0,8
Novilhas 300 kg PV	1,6	1,1
Bovino (matriz) 400 kg PV	2,1	1,5
Bovino (matriz) 500 kg PV	2,6	1,9
Bovino (matriz) 600 kg PV	3,2	2,2
Bovino (matriz) 700 kg PV	3,7	2,6

Fonte: (Savastan, 2007) *PV- peso vivo; volumoso estimado 80% da ingestão de matéria seca

A efetividade da fibra do caroço de algodão é similar a de forragens e possui a capacidade de promover a mastigação e manutenção da gordura do leite. O caroço de algodão com “línter” pode substituir até 2,5 a 25% da matéria seca da forragem da dieta.

Durante a alimentação animal à medida que se eleva a densidade energética, ocasiona um aumento de energia fermentável para os microrganismos do rúmen, favorecendo sua multiplicação e o aumento da demanda de nitrogênio disponível (proteína degradável no rúmen). O tratamento térmico do farelo de algodão ou do grão diminui a solubilidade da proteína e de sua taxa de degradação no rúmen.

É importante lembrar que o excesso de óleo, e principalmente o óleo insaturado, é prejudicial à flora microbiana presente no rúmen, diminuindo a digestibilidade da fibra e da energia contidas na dieta animal, além de provocar diarreia nos animais. O teor ideal de gordura (extrato etéreo) da matéria seca para administração animal ruminantes é de 5%, mesmo obedecendo a um período de adaptação não se deve ultrapassar este limite. Portanto, a quantidade de caroço de algodão deve ser calculada para não exceder o limite recomendado de óleo.

Os alimentos concentrados apresentam alto valor energético (menor que 18%), elevado teor de proteína bruta (maior que 18%). Os concentrados proteicos de algodão e soja se apresentam na forma de tortas ou farelos de oleaginosas, que são os coprodutos ou resíduos da extração do óleo vegetal das sementes. Possui valor biológico superior ao dos Cereais. Alguns se aproximam do valor biológico da proteína de origem animal.

As proteínas de oleaginosas apresentam baixos teores de ácido glutâmico, cistina e metionina. O teor protéico contido no farelo de algodão varia de acordo com o processo de extração de óleo adotado (30 a 45%) e a fibra em detergente neutro (FDN maior que 28%). Apresenta alto conteúdo de fósforo (1,1%) e baixo conteúdo de cálcio (0,2% na matéria seca). Quanto à quantidade de vitamina, apresenta baixo conteúdo de beta caroteno e Vitamina E e adequada quantidade de Vitamina do complexo B. Algumas vitaminas são sintetizadas pelo organismo animal (por exemplo, as Vitaminas do complexo B e K, sendo sintetizadas no rúmen e a Vitamina C pelo corpo – não precisando de suplementações).

O material mineral participa de todas as funções vitais, tais como: metabolismo, síntese enzimática, hormônios, estrutura dos tecidos, entre outras. Há pelo menos quinze minerais essenciais, sendo oito microelementos (ferro, iodo, zinco, cobre, manganês, molibdênio, cobalto e selênio) e sete microelementos (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio e enxofre), que podem ser encontrados em fontes naturais (forrageiras, grãos, água, terra, etc). Porém, o Conselho R. Natural “NRC” exige a observância do grau de exigência, tolerância e toxicidade das fontes naturais, para não ocorrer acidentes fatais por ingestão da toxina. A proporção de cálcio: fósforo deve ser de 1:1 até 2:1, pois o excesso ou deficiência limita a utilização do outro mineral (Anexo 1).

Estudos ligados à composição nutricional de alimentação animal são realizados frequentemente pelo NRC (1996), refere-se a uma organização que estuda as necessidades nutricionais dos animais domésticos de diferentes raças do planeta, estabelece as diretrizes para os requisitos de alimentação para os grupos de animais e as atualiza quando novas informações são descobertas.

No Brasil esforços estão sendo direcionados na compilação de dados nutricionais de obtenção dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos ou de seus respectivos componentes químicos, que são imprescindíveis para as adequadas dietas dos animais. As informações nutricionais compiladas estão sendo armazenadas em tabela de nutrientes, que servem de alternativa técnica para produtores rurais de animais.

Nas tabelas mostradas nos Anexos 1 e 2 estão apresentados os teores energéticos, protéicos, entre outros nutricionais. Os valores de composição química e energéticos de alguns alimentos apresentados nestes anexos são confiáveis do ponto de vista estatístico, vez

que os diferentes sistemas produtivos constituem informações pontuais, ou seja, pertencem a uma distribuição, muitas vezes manual, mas com afastamentos variados da média populacional.

Desta forma, dietas calculadas com base em médias tabeladas tenderão a fornecer valores nutricionais médios da população animal com pequenas variações de índices nutricionais.

5.3.3.1 Aplicação da mandioca

A raiz da mandioca é utilizada na fabricação de farinha, extração de amido (goma) e como alternativa no beneficiamento e processamento da raiz na fabricação de raspas, como forma de coproduto para produção de alimento animal, com rendimento em torno de 40%, sem desperdiçar a parte aérea da mandioca (hastes e folhas) rica em proteína de 16 a 18% (FRANCO, 2008) e aproveitando 20% da maniva para novos plantios. O restante do material é aproveitado e processado como feno para ser usado como volumoso na dieta animal, nos períodos de maior escassez de alimento.

De acordo com Alves (2004), a maior quantidade de mandioca cultivada é direcionada à indústria para a produção de farinha e outros derivados, enquanto o mercado de raiz para o consumo humano e animal (“in natura”) é menor e regional. Neste sentido, segundo o mesmo autor a cadeia produtiva da mandioca para a indústria e para uso doméstico é diferenciada, existindo unidades processadoras da raiz da mandioca para farinha e fécula. Por outro lado, a cadeia da mandioca para mesa equivale a cerca de 15% do total da raiz consumida para alimentação humana ou animal (SEBRAE, 2003).

Na área do cultivo e processamento de mandioca, foi identificada uma forte demanda para a transformação dos coprodutos capazes de ao mesmo tempo, reduzir impacto ambiental e gerar recursos (CEREDA, 2001).

A raiz de mandioca fornece os coprodutos culturais: folhas e caules, também conhecidos por coprodutos das partes aéreas e coprodutos industriais (casca de mandioca, farinha de varredura e massa de fecularias) que podem ser fontes alternativas de energia para os animais ruminantes (PEREIRA, 1987, MARQUES & CALDAS NETO, 2002).

5.2.3.2 Alimentos volumosos (forragens, silagens, fenos, ramas e restos de culturas agrícolas)

As forragens verdes (pasto, capim elefante, leguminosas e outros) são conservadas na forma de silagens e fenos. Pastagem são os volumosos de corte para verão: capim-elefante; feijão-guandu e amoreira. Durante a “época das secas” as pastagens e as forrageiras de corte diminuem seu crescimento e seu valor nutritivo.

Para uma exploração racional da ovinocultura é essencial à conservação de alimentos produzidos na “época das águas”, para uso no período de escassez: silagem, silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de capim-elefante, silagem de girassol, etc.

Os fenos de gramíneas são alimentos volumosos de boa aceitação pelos animais. Um bom feno tem cor esverdeada, grande quantidade de folhas, macio ao tato e com mais de 10% de proteína bruta. Fenos pálidos, duros e com grande quantidade de talos são inferiores. Fenos de boa qualidade devem ser colhidos com 28 - 40 dias de vegetação, como exemplo: Coast-cross, Tifton, Rhodes, Áries e Aruana.

A chuva é o grande problema na produção de feno, pois fenos “chuvados” são de qualidade muito inferior. Feno de alfafa é de excelente qualidade, mas é caro para ser adquirido. Sua produção necessita de excelente fertilidade do solo. Para pequenas criações, o capim-elefante e outras forrageiras (capim guandu, leucena, colômbia, etc.), também podem ser desidratados e produzir fenos de boa qualidade. Devendo ser picados e secos em terreiro em camada fina, revirando várias vezes ao dia e cobrindo a noite. Após secos podem ser ensacados ou armazenados a granel e cobertos para evitar reumidificação. Confecção contínua de pequenas quantidades durante o verão é o mais adequado.

A raspa da mandioca é um coproduto da indústria de farinha, resultante da pré-limpeza da mandioca. É constituída da ponta da raiz, casca e entrecasca, sendo considerado o principal coproduto da industrialização da mandioca, representando 5,1% da raiz deste tubérculo (TAKAHASHI & FAGIOTO, 1990). A casca da mandioca, assim como a raspa devem ser secas ao sol ou em estufa de secagem antes de serem incorporadas às rações, para que se eliminem os problemas relacionados à conservação e a toxidez.

Alguns restos de culturas ou resíduos produzidos durante ou após a colheita de cereais, oleaginosas, tubérculos ou raízes e mesmo do processamento de frutíferas, podem ser utilizados para alimentação de ovinos.

Na tabela 33 estão apresentadas as composições bromatológicas dos principais coprodutos da indústria da mandioca usado na alimentação de bovinos de leite e de corte.

As palhas são, geralmente, pobres em proteína, com baixo valor energético e palatabilidade. Podem ser utilizadas para manutenção de ovelhas, na forma seca, devidamente suplementada com alimentos proteicos. A utilização de palhas e cascas de arroz não é recomendada devido a sua baixa digestibilidade. Palhas de milho, sorgo, aveia e trigo podem ser utilizados para manutenção de ovelha, quando desidratadas ou secas, suplementando-as com uréia (0,5 - 1,0%, com período de adaptação) e farelos de oleaginosas ou misturas alimentícios concentrada com elevado teor proteicos (18 - 20%). Devem ser picadas ou moídas e misturadas a alimentos mais palatáveis. Palhas de soja e feijão apresentam teor mais elevado de proteína bruta que as palhas de cereais, mas também apresentam baixo teor energético, podendo ser utilizadas se complementadas neste aspecto. As vagens apresentam valor nutritivo mais elevado e as cascas dos grãos tem bom valor nutritivo.

Tabela 33
Composição bromatológica da mandioca, parte aérea e dos
coprodutos da mandioca, em % (base seca)

Coproducto	MS	PB	EE	FB	MO	FDN	FDA	NDT
Raiz	-	3,1	1,3	3,1	-	-	-	-
Parte aérea	-	24,0	6,5	20,6	-	-	-	-
Silagem (parte aérea)	-	10,5	-	-	-	-	-	62,0
Silagem (1/3 superior da rama)	25,2	19,4	4,2	-	92,4	50,7	40,8	58,7
Feno (1/3 superior)	88,9	14,0	5,2	24,8	92,6	74,2	45,0	-
Casca	89,2	3,7	2,74	-	-	28,6	20,4	
Raspa	88,7	3,6	1,15	-	-	8,5	5,7	
Farinha (varredura)	91,3	1,2	-	-	-	7,3	5,5	
Massa (fécula úmida)	23	1,92	0,29	-	-	30,5	22,6	
Massa (fécula seca)	89	1,59	0,19	-	-	28,8	22,9	

Fonte: (Marques & Maggioni, 2009).

As ramas de mandioca, após a colheita das raízes e aproveitamento das manivas para novo plantio, podem ser utilizadas. Deve-se aproveitar o terço superior, que apresenta maior quantidade de folhas e menor de talos. Apresentam bom valor nutritivo e elevada palatabilidade possui entre 9 - 15% de proteína bruta e bom valor energético. Podem ser picadas e secas ou conservadas como silagem, sem necessidade de aditivos. As variedades de mesa (mansas) apresentam baixo teor de ácido cianídrico, mas as variedades para farinha, denominadas bravas, apresentam teor elevado desta toxina; corte em cubos pequenos, secagem e ensilagem diminuem o teor desta substância e assim não causam problemas aos animais. Para fornecimento “in natura” deve-se picá-la com antecedência (12 horas) para que o processo de autólise enzimática diminua a toxidez. Também é aconselhável a introdução gradativa das ramas na dieta, visando adaptar os animais ao seu consumo.

Os resíduos de farinheiras são ricos em amido e podem ser utilizados para todas as categorias. Apresentam baixos teores de proteína bruta e minerais, principalmente cálcio e fósforo, mas bom valor energético, que varia em função do seu teor em amido e fibra. Substitui, parcialmente, o milho ou polpa cítrica e pode combinar-se com ureia ou farelos. Cascas de mandioca podem ser utilizadas, desde que seu conteúdo de solo aderido, seja pequeno.

A parte aérea da vegetação da mandioca caracteriza-se por apresentar maiores teores de fibra bruta e proteína, enquanto que as raízes apresentam elevados teores de carboidratos não estruturais. Corresponde a toda a porção da planta, que se encontra acima do solo e corresponde a cerca de 50% do peso da mesma, sendo composto por pecíolo (40%) e folhas (10%). Considerada como coproduto volumoso relativamente é rico em proteínas e com níveis apreciáveis de carboidratos não estruturais, podendo ser utilizada na forma fresca, ensilada ou na forma de feno, com composições variáveis em função da proporção de caules e folhas e, também da altura da colheita do material para a ensilagem.

5.2.3.3 Alimentos concentrados

Os concentrados são denominados os ingredientes de elevado teor energético utilizado como complemento das dietas volumosas. São concentrados energéticos o milho e outros cereais (aveia, trigo, arroz), os altamente proteicos os farelos de soja, de algodão e de girassol, e os de valor protéico inferior os farelos de trigo e arroz.

5.2.3.3.1 Concentrados energéticos

O grão de Milho; rolão de milho (milho desintegrado com palha e sabugo); polpa cítrica; mandioca (raiz): rico em valor energético, mas pobres em proteína e minerais. Pode ser utilizada para compor a dieta animal em até 30%, ou até 1,5 - 2,0 kg de raiz de mandioca úmida/animal/dia para ovelhas de 60 kg. Deve ser fornecido picada, devendo os animais ser previamente adaptados ao seu consumo, iniciando com um terço da quantidade que se desejar fornecer e aumentar progressivamente até atingir o máximo em sete a dez dias. Pode ser armazenada na forma seca: picar em pedaços pequenos ou em raspas e secar em terreiro; ou na forma de ensilagem, não necessitando de aditivos.

5.2.3.3.2 Concentrados proteicos

A torta de algodão; farelo de soja: são fontes proteicas de boa qualidade para ruminantes, utilizado para toda categoria, inclusive machos reprodutores, pois se apresenta destoxificada. No comércio podem ser encontrados concentrados proteicos com 28 ou 38% de proteína bruta.

Caroço de algodão; farelo de trigo; ureia; soja em grão: o caroço de algodão, como a soja em grão, tem bom valor energético e protéico, rico em óleo e com presença de substâncias tóxicas (gossipol). Que não deve ser administrado para ruminantes machos (reprodutores), pois possui elevado teor de gossipol, que pode causar infertilidade. Pode ser utilizado em quantidades moderadas para ovelhas e borregas, na quantidade de 200 - 500 g/dia, por períodos não muito longos para se evitar problemas hepáticos devido ao gossipol.

5.2.3.4 Mistura mineral

Utilizada para suprir as carências minerais encontradas nas pastagens, pois as gramíneas geralmente apresentam baixos teores de fósforo e os animais, quando em pasteio, estão sujeitos a deficiências desse elemento, que deve ser suplementado na forma de mistura mineral. A suplementação de microelementos minerais é também necessária, principalmente cobalto, selênio, zinco, cobre e outros, pois muitas vezes estão deficientes na forrageira, dependendo da região e solo onde são cultivadas.

As misturas minerais, prontas para uso, encontradas no comércio são, em sua maioria, compostas de sal iodado e fontes de minerais (cálcio, fósforo e microelementos). Devem estar sempre à disposição dos animais em saleiros adequados. Atenção específica deve ser dada ao

teor de cobre da mistura, pois ovinos são susceptíveis à intoxicação por excesso deste elemento. Uma boa mistura mineral pronta deve conter ao redor de 8% de fósforo e no máximo entre 300 ppm de cobre.

Ovelhas adultas consomem entre 20 – 40 g/dia desta mistura mineral, dependendo do seu peso, categoria, etc. Animais em confinamentos e suplementados com alimento animal concentrados a base de grão de cereal não necessitam da suplementação de mistura de mineral, pois, como já mencionado, grãos de cereais são ricos em fósforo e os outros minerais normalmente são encontrados em quantidades adequadas na maioria dos componentes de rações.

Machos reprodutores que consomem ração concentrada e ainda tem mistura mineral à disposição, pode apresentar consumo diário, excessivamente elevado de fósforo, o que pode levar ao aparecimento de urolitíase (cálculo uretral).

5.2.3.5 Suprimento de vitaminas

A vitamina D é sintetizada pela pele, a partir da luz solar, não sendo necessário suplementá-la, todavia, se os animais permanecerem confinados por muito tempo em ambiente fechado e sem acesso à luz solar, podem apresentar sintomas de deficiência. Fenos curados ao sol, de boa qualidade, são boas fontes alimentares precursores de vitamina D.

Os ruminantes geralmente não necessitam de suplementação com vitaminas do complexo B, pois as sintetizam através dos microrganismos ruminais. Em algumas situações, animais consumindo quantidades muito elevadas de concentrado, podem apresentar deficiência de vitamina B1 e apresentar necrose cortico-cerebral, com sintomas nervosos (cabeça virada para cima). As vitaminas E e K são encontradas nos alimentos usuais, não havendo necessidade de suplementação, no entanto, a carne de cordeiros suplementados com vitamina E apresenta escurecimento menos intenso no processo de armazenagem a frio. Nesse caso a suplementação pode ser utilizada para melhorar a apresentação do produto final. A vitamina C é sintetizada pelos tecidos em quantidade suficiente, não havendo necessidade de suplementação.

A suplementação com a vitamina A pode ser necessária quando os animais, principalmente fêmeas em lactação e animais em crescimento, forem, por longos períodos (mais de três meses), sujeitos à alimentação pobre nesta vitamina. Forragens verdes, assim

como o milho amarelo, são fontes excelentes de vitamina A. Já os volumosos com pouca coloração são pobres: palhas, pastagens velhas, fenos amarelados, com pouca pigmentação, silagens de baixa qualidade e outros alimentos sem pigmentação.

A forma adequada de suplementar é adicionando as vitaminas a insumo alimentar (ração concentrada). No caso de animais que não se alimentam de ração pode-se adicioná-las à mistura mineral ou adquirir formulações prontas.

5.3 Alimentação das diversas categorias de animais domésticos

A produção de animais bovinos de corte brasileira ocorre basicamente em sistema extensivo, com suplementação de misturas minerais. Na época da seca os animais perdem peso e devem ser suplementados com maiores quantidades de alimentos nutricionais. A deficiência nutricional, além de reduzir o ganho de peso nos animais em crescimento, também pode retardar a idade ao primeiro parto, bem como aumentar o intervalo de partos, especialmente entre a primeira e a segunda cria.

Para Seiffert (1982), quando os valores nutritivos das plantas forrageiras caem com o avanço da sua maturação fisiológica, a suplementação alimentar deve ser utilizada para o fornecimento de quantidades controladas de proteína e energia, objetivando o desenvolvimento contínuo dos animais. Este procedimento é necessário, pois propicia a redução na idade de abate e aumento na taxa de desfrute. Um programa de alimentação animal é fundamental para prever as flutuações que podem ocorrer na oferta de forragens e pode determinar a quantidade estratégica de suplementação a ser fornecida para fazer frente a estas variações. Porém, deve ser levado em consideração, na procura para um maior desempenho animal, a relação custo-benefício com a suplementação, como por exemplo, o menor custo com alimentação por unidade de aumento no ganho de peso, redução da idade ao abate e aumento da fertilidade nas fêmeas.

O cientista Lana (2000), lançou em Viçosa um sistema de formulação de rações que permite incorporar suplementos para animais bovinos em pastagens, levando em consideração os diferentes grupos genéticos e categorias animais. O sistema lançado se presta para corrigir as deficiências dos nutrientes limitantes ou para permitir ganhos de peso mais elevados que aqueles em função da disponibilidade de nutrientes das pastagens.

Em relação às diferentes raças, os animais de origem europeia sofrem mais sob as condições adversas encontradas nas pastagens tropicais, pois devido à menor tolerância ao calor, se movimentam menos e aumentam a respiração, acarretando diminuição da ingestão de

alimentos, aumento no consumo de água e redução dos processos produtivos, tais como: crescimento e produção de leite. Além de poder ocorrer de permanecerem mais tempo parados em locais sombreados, aumentando a infestação de ecto e endo parasitos (WILLIAMSON & PAYNE, 1975).

Informações do ritmo de consumo alimentar diário dos animais são necessárias controlar para estimar o ganho de peso individual, não devendo ser esquecido o controle dos grupos genéticos e do peso corporal dos animais. Para ofertar uma alimentação rica em nutrientes para consumo animal, se devem ter, em mãos, os percentuais da composição química da pastagem a ser administrada, bem como, a composição dos suplementos que serão necessários para corrigi-los, seguindo as orientações das exigências nutricionais de cada raça, para obter melhores desempenhos animal por pastagens.

As ovelhas solteiras até o terço final da gestação apresentam consumo voluntário ao redor de 2,0 a 2,5% de matéria seca e podem ser alimentadas, exclusivamente, com volumosos de media qualidade (ao redor de 9% de proteína bruta; 55% de nutrientes digestíveis totais (NDT); 0,2% de cálcio (Ca); 0,2% de fósforo (P) e sal mineralizado. No período das águas podem ser alimentadas com pastagens, capins cortados, leguminosas, etc. Na seca deve ser alimentadas com pastagens diferidas e suplementadas com volumosos conservados (silagens ou feno) ou cana-de-açúcar, com adequação do teor protéico da dieta, o que permite mantê-las em bom estado corporal. Podem-se utilizar volumosos mais pobres, com palhas ou bagaço de cana hidrolisado, com pequena quantidade de ração concentrada.

No terço final da gestação o crescimento fetal é acentuado, principalmente no caso de gestação de gêmeos. Neste período o requerimento energético fica aumentado devido ao crescimento fetal e sua exigência nutricional é por volta de 11% de proteína bruta e 60% de NDT, 0,35% de (Ca) e 0,23% de (P). Consomem ao redor de 3,0 - 3,5% do peso vivo, em matéria seca. Devem receber pastagens de boa qualidade ou serem suplementadas com ração concentrada com 14 -16% de Proteína bruta (300 - 600 g/dia). Nesta fase a ingestão de energia deve ser aumentada para promover adequado crescimento fetal e preparação para a lactação.

Consumo baixo de energia em ovelhas excessivamente magras leva a baixo peso ao nascer das crias, diminuição da produção de leite, redução da habilidade materna e a diminuição da viabilidade dos cordeiros recém-nascidos e consequentes aumentam de mortalidade das crias. Também os problemas parasitários são aumentados. Deve-se manter a ovelha em bom estado corporal e evitar animais excessivamente gordos. Fêmeas jovens ou em gestação de fetos múltiplos podem apresentar sintomas de deficiência de energia, denominada

toxemia da gestação, dessa maneira, na fase final da gestação, os cuidados com a alimentação devem ser redobrados.

Após a parição as exigências energéticas e proteicas são aumentadas devido à produção de leite. Logo após o parto, o consumo de alimento é menor e aumenta progressivamente. Ovelhas de grande produção de leite perdem peso durante as primeiras quatro semanas de lactação, assim sendo, devem ingerir quantidade mais elevada de energia e proteína. Necessitam dietas com aproximadamente, 64 – 68% de NDT, 12 - 14% de proteína bruta, 0,33% de cálcio; e 0,27% de fósforo e consomem entre 3,5 e 4,0% do seu peso vivo em matéria seca. Da parição até o desmame, as ovelhas devem ser alimentadas com volumosos de boa qualidade e ração com 14 - 16% de proteína (400 – 800 g/dia), dependendo do tamanho da ovelha, número de crias e estado corporal.

A ovelha atinge seu pico máximo de produção de leite entre a terceira e quarta semana após o parto, diminuindo progressivamente nas semanas seguintes, sendo que já na oitava semana a produção de leite é muito pequena. O período inicial da lactação concentra-se nas oito primeiras semanas pós-parto, representando 75% da produção. Deve-se ter “especial atenção na alimentação dos animais até 30 - 45 dias pós-parto, diminuindo, gradativamente, o fornecimento de ração concentrada até o desmame, para facilitar o processo de secagem da glândula mamaria, evitando mastite, bem como estimular o cordeiro a procurar alimento sólido”.

As ovelhas, na cobertura, devem ser alimentadas com pastagens ou volumoso de boa qualidade ou ração concentrada. O aumento da ingestão de energia imediatamente antes (10 dias) e durante a cobertura, garantindo ganho de peso nesse período, pode estimular ovulações múltiplas e ocasionar nascimento de maior número de gêmeos.

Quando o sistema de manejo reprodutivo adotado procura a obtenção de intervalos entre partos de oito meses, ou menos, a alimentação deve ser acompanhada com maior cuidado, devendo se trabalhar com alimentos de melhor qualidade e valor nutritivo.

O nível nutricional dos animais também influi na sua capacidade imunológica. Ovelhas melhor nutridas, recebendo dietas com teores mais elevados de proteína, tendem a apresentar maior capacidade de resistir à ação da verminose, seja por dificultar a fixação das larvas de helmintos no trato intestinal, seja por apresentar uma reação fisiológica mais forte, dificultando ou mesmo impedindo o seu desenvolvimento, ou seja, ainda por uma maior capacidade orgânica diante de ação espoliativa dos parasitas.

5.3.1 Alimentação de ovinos criados intensivamente

Ovinos são animais ruminantes e devem ser alimentados com forrageiras de boa qualidade, produzidas a baixo custo. Um sistema intensivo de produção animal, com grande número de cordeiros produzidos durante o ano inteiro, necessita de alimentos de boa qualidade, o que pode ser conseguido através de uma produção vegetal eficiente, como por exemplo, a base de mandioca. Deve-se planejar o plantio de boas pastagens para as ovelhas, com correção de solo (acidez e fósforo) e aplicação de nitrogênio para aumentar a capacidade de suporte e o valor nutritivo do vegetal cultivado. Também é necessário o cultivo de forrageiras de corte para os animais criados em estábulos. Deve-se planejar o plantio de milho ou outro cereal, quando possível, para colheita e armazenamento em grão ou espigas, ou ainda a confecção de silagem para uso durante o período de estiagem.

A produção de leguminosas, para corte ou pasteio direto, na propriedade pode resultar em custos mais baixos que a produção de gramíneas, pois as leguminosas dispensam a adução nitrogenada. A produção desse tipo de forragem, na propriedade, resulta na diminuição da necessidade de aquisição de farelos proteicos, que tem preço elevado. Isto tudo diminui o custo da alimentação, item de grande expressão no preço final, na produção do cordeiro para abate precoce.

Animais machos (adultos) fora da estação de monta e ovelhas sem crias ao pé, até a parição, em sistema de uma parição por ano têm as suas exigências nutricionais plenamente atendidas se alimentados exclusivamente com volumosos de bom valor nutritivo. Todavia, animais em crescimento acentuado ou em atividade reprodutiva intensificada (intervalo entre partos de oito meses ou menos), na fase final de gestação e na amamentação necessitam de suplementação alimentar com ração concentrada, devido à sua elevada exigência nutricional.

5.3.2 Animais reprodutores

Os animais adultos (carneiros) devem ser alimentados preferencialmente à base de volumosos de boa qualidade e pequena quantidade de ração concentrada, com 14 - 16% de proteína bruta, na quantidade máxima de 0,5 a 0,7 kg/dia dependendo da idade e do peso dos animais. Dietas com excesso de ração concentrada e pouco alimento volumoso levam ao aparecimento de urolitíase obstrutiva (cálculos na uretra) em razão da formação de cristais de fosfato no sistema urinário, levando a sua obstrução. Caracteriza-se por dificuldade para urinar ou obstrução total da urina, inviabilizando o reprodutor.

O excesso de peso é também um problema com reprodutores adultos, normalmente nas raças de maior peso adulto, devendo ser evitado através do fornecimento de quantidade restrita de ração concentrada além de exercícios físicos diários.

5.3.3 Cordeiros em confinamento

A correta alimentação de cordeiros em confinamento ou acabamento deve prever o estímulo, ainda no período de amamentação, à máxima ingestão de alimentos de elevado valor nutritiva, visto que nesse período os animais apresentam ótima conversão alimentar. A maneira mais fácil é através do fornecimento de ração concentrada em cochos separados e inacessíveis às ovelhas e aos quais só os cordeiros têm acesso. Nesses cochos podem-se utilizar rações a base de milho, farelos de soja, algodão, trigo e outros, com 18 - 22% de proteína bruta, com alta palatabilidade, e que passa a ser fornecida para os cordeiros a partir de 10 - 15 dias de idade. Estes aumentam gradativamente seu consumo à medida que a disponibilidade de leite da ovelha diminui, atingindo um consumo de 150 a 200 g/cordeiro/dia ao desmame. Esse consumo deve ser estimulado, pois resulta em aumento acentuado de peso dos cordeiros ao desmame, que nesta fase tem conversão ao redor de 2:1, ou seja, cada 2,0 kg de ração ingerida promovem um ganho de peso de 1,0 kg, o que pode ser muito vantajoso do ponto de vista econômico.

5.3.4 Cordeiros desmamados precocemente

Os cordeiros desmamados precocemente (50 - 60 dias) são muito exigentes em nutrientes, principalmente em energia e proteína. O acabamento é feito por um período de cerca de 60 dias, com peso inicial de 14 - 16 kg, até um peso final de 30 a 35 kg. Ganhos diários de peso acima de 250 g são adequados, todavia, esse ganho pode alcançar mais de 400 g/dia, em animais especializados e de elevado potencial para ganho de peso, provenientes de reprodutores de elevado peso adulto. A conversão alimentar gira ao redor de 3.0 – 3,05:1, sendo, portanto, excelentes transformadores de alimento de origem vegetal, em carne nobre.

A exigência nutricional nessa fase de desmama situa-se ao redor 14 – 16% de proteína bruta; 70 - 78% de NDT; 0,45% de cálcio (Ca) e 0,25% de fósforo (P) na matéria seca total, consumindo ao redor de 4,5 – 5,0% do peso vivo, em matéria seca, sendo aconselhável o fornecimento, no mínimo, de 60% de alimento concentrado, a base de milho e farelos de oleaginosas, na dieta total.

5.3.5 Cordeiros recém-desmamados

Estes animais possuem menor capacidade fermentativa ruminal que os cordeiros desmamados tardiamente, portanto com menor capacidade de digestão de fibras. Dietas com elevadas concentrações em energia e proteína são necessárias para se conseguir elevados ganhos de peso. Cordeiros devem ganhar 200 – 300 g/dia para atingirem o peso de abate (28 - 30 kg) antecipadamente. Devem ser alimentados com volumosos de alta qualidade (silagem de milho ou sorgo, capim elefante picado e fenos de boa qualidade), à vontade e ração concentrada, com 16 - 18% de proteína, na quantidade de 2 - 4% do peso vivo. Essa alimentação perdura até os 30 kg de peso vivo ou até quatro meses de idade (peso ou idade de abate).

A alimentação concentrada animal deve ser composta por farelos de oleaginosas (algodão, girassol, soja, etc.); cereais (milho, aveia, arroz, trigo) e coprodutos de bom valor nutritivo (polpa cítrica, levedura de cana, resíduos de cervejarias, das indústrias de sucos e de milho, etc.).

5.3.6 Borregas para reposição (dos quatro meses até a cobertura)

As fêmeas nesta fase são preparadas para serem futuras reprodutoras e fazer parte do plantel de fêmeas adultas. Quanto mais cedo forem cobertas maiores serão os índices produtivos da propriedade.

As exigências nutricionais para as fêmeas são de 11% de proteína bruta, 65% de NDT e 0,4% de cálcio e 0,2% de fósforo na matéria seca total ingerida e consomem entre 3,5% e 4,0% do peso vivo, em matéria seca.

Devem ser alimentadas com volumosos de boa qualidade, à vontade, e quantidade moderada de ração (aproximadamente 1,5 – 2,0% do peso vivo) com 14 – 16% de proteína. Dos cinco meses em diante podem ser adaptadas às pastagens e devem atingir o peso de cobertura (70% do peso adulto) entre 8 – 14 meses.

5.3.7 Fêmeas de primeira cria

Especial atenção deve ser dada para as fêmeas de primeira cria quando atingir o terço final da gestação, pois a cobertura antecipada (8 - 12 meses), leva ao somatório das necessidades nutricionais de crescimento, com as da gestação. Deve-se mantê-las separadas

das adultas e fornecer alimentação de melhor qualidade, acompanhando seu o estado corporal, aumentando a suplementação em caso de condição corporal inferior a 2,0 - 2,5.

6.0 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As análises dos coprodutos deste trabalho foram realizadas nos laboratórios de Fluidos - LES/IES/DM/CT, de Bromatologia - DN/CCS, de Tecnologia de alimentos (LTA) - DEA/CT e de Combustível e Materiais (LACOM) - DQ/CCEN, todos instalados no Campus I, da Universidade Federal da Paraíba.

Para o desenvolvimento desse trabalho, foram empregadas várias metodologias, cujas etapas estão apresentadas nos fluxogramas das figuras 16, 17 e 18, além dos processos de análises químicas, físico – químicas e bromatológicas das sementes de algodão, torta ou farelo de algodão, óleo de algodão e do farelo de mandioca. Para a realização das análises foram seguidos os procedimentos preconizados pelo Instituto Adolfo Lutz - (IAL), 2008, Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1993, bem como pela American Oil Chemists Society (AOCS), 1999.

As demais análises se espelharam nos conteúdos de Normas e Padrões de Análises Químicas e Físico-Químicas de alimentos, conforme apresentados a seguir: o teor de matéria seca (MS) foi calculado usando-se a estufa convectiva a 105 °C, durante o período de quatro a seis horas, até atingir peso constante; a proteína bruta (PB); a proteína bruta foi determinada pelo método clássico de Kjeldahl; o extrato etéreo (EE), pelo método a quente, usando o extrator “Goldfisch” e hexano como solvente orgânico; a fibra bruta (FB), pelo método de Weende: a fibra em detergente neutro (FDN); a matéria mineral (MM), carbonizando a amostra desidratada e incinerando em forno de mufla a 580°C, durante quatro horas.

O beneficiamento da semente de algodão foi ordenado segundo preconizado por Berzaghi (1965), que consiste em receber o produto semente de algodão, examiná-lo, executar o processo auxiliar de expurgo e submetê-lo as operações mecânicas.

A figura 14 mostra o fluxo de produção de obtenção do óleo de algodão.

6.1. Diagrama de blocos dos processos realizados

6.1.1 Fluxograma de Produção do óleo de algodão

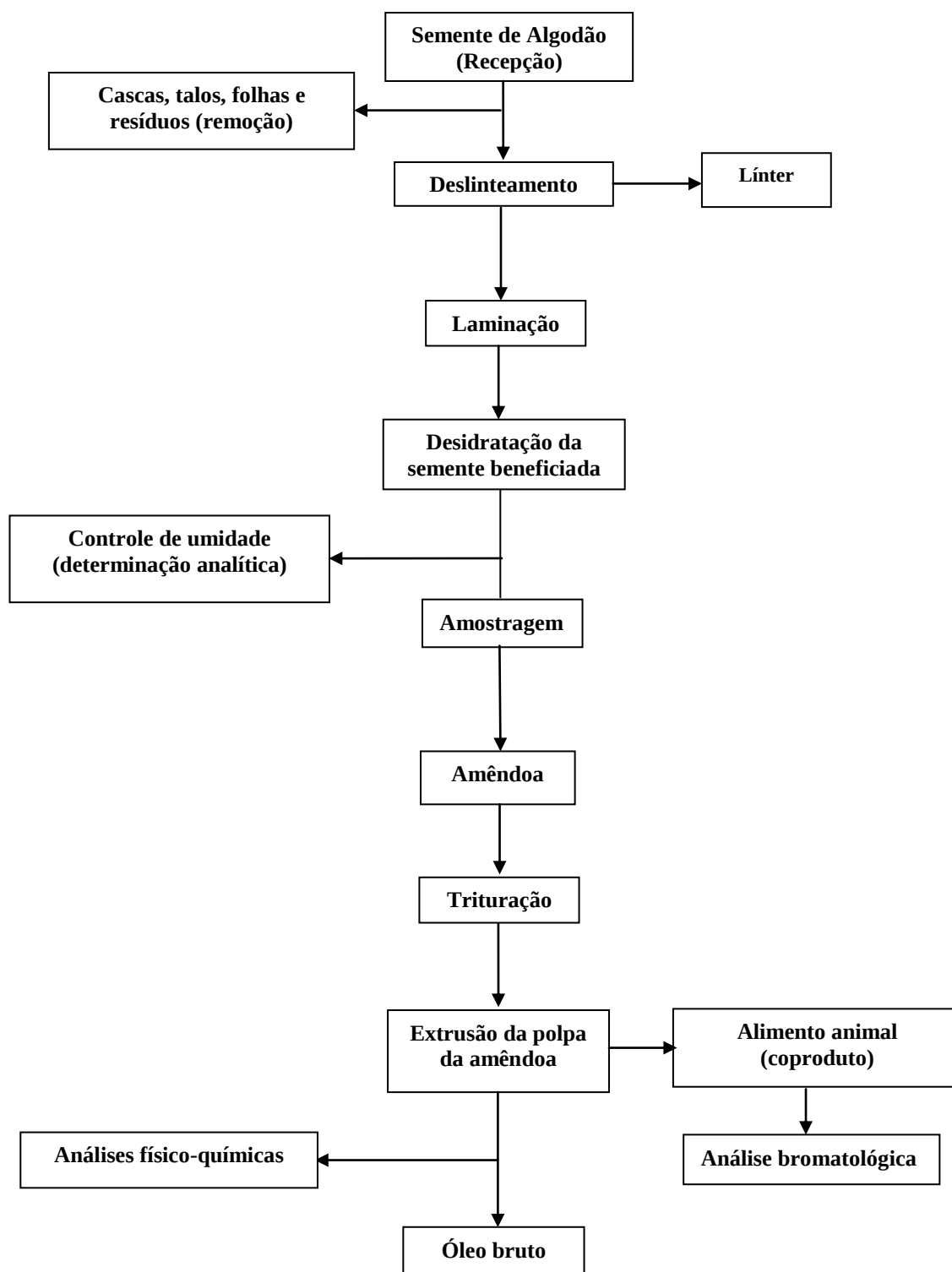


Figura 14: Processamento da semente de algodão

Fonte: (Elaboração própria, 2014)

O processo inicia com a execução dos procedimentos auxiliares, que têm como finalidade a remoção de impurezas, separação das sementes das fibras (pluma, línter, casca) e o acondicionamento adequado para seguir o processo de extração do óleo. Neste trabalho o processo foi realizado em três fases, a saber: preparatória, principal e complementar. Na primeira fase ocorre o recebimento, classificação e o armazenamento temporário. A segunda denominada de fase principal consiste na limpeza e remoção das fibras das sementes e desidratação (ajuste da umidade ideal). A terceira e última é chamada de fase complementar refere-se ao armazenamento adequado das sementes ou caroços de Algodão, além das etapas do processo de extrusão do óleo vegetal.

6.1.2 Etapas do processamento da extrusão do óleo de algodão

6.1.2.1 Recepção

Esta etapa conhecida por processo auxiliar teve por finalidade identificar, avaliar e pesar a matéria prima no início do trabalho. Foi realizada pela pré-seleção da matéria prima e remoção de material que apresentavam características impróprias para o seu processamento, tais como: sementes com contaminação e presença de materiais estranhos a matéria-prima, tais como: cascas, talos, folhas, areia, pluma, etc.

6.1.2.2 Deslinteramento

O deslinteramento presta-se para remover o línter aderido externamente ao caroço de algodão, após a remoção da pluma. Esta operação não foi desenvolvida nos nossos ensaios, pois parte da matéria prima adquirida já estava sem línter e a operação de extrusão foi realizada com a matéria prima recebida após passar pela operação de remoção de resíduos.

6.1.2.3 Desidratação da semente do algodão

Nesta operação de secagem artificial ou desidratação da semente de algodão foi utilizado o processo de secagem artificial em sistema convectivo de secagem conjugada túnel-cabine, com aeração forçada e temperatura controlada a 70°C, por um período consecutivo de 12 horas.

Este procedimento foi realizado, a fim de garantir o estado higiênico-sanitário e a homogeneidade da matéria prima, em relação ao teor de umidade inicial, como também objetivando facilitar a operação de extração do óleo vegetal por prensagem mecânica, que é recomendado manter o teor de umidade máxima da semente de 10,8%. Os parâmetros

controlados durante as desidratações das sementes de algodão estão apresentados nos Apêndices D, E e F deste trabalho.

6.1.2.4 Remoção de resíduos e trituração da amêndoa do algodão

Consiste na separação das cascas, talos, folhas e outros materiais impróprios a amêndoa, que são removidos nesta etapa. Essa operação foi realizada manualmente com auxílio de peneiras duplas sobrepostas. As amêndoas obtidas dessa operação foram encaminhadas a secagem artificial que se realizou em secador conjugado túnel-cabine de secagem, durante por um período de doze horas. Após, esta operação a matéria prima desidratada (teor de umidade = 10,0%) foi destinada ao processo de extrusão (prensagem mecânica de fluxo contínuo). A operação de trituração das amêndoas se deu durante o processo de extrusão, quando foi realizada a extração de óleo vegetal. Estes procedimentos foram realizados no LES/IES/CT, UFPB - Campus I.

6.1.3 Extrusão da semente de algodão

A extração do óleo ocorreu durante a operação de extrusão, foi realizada em equipamento adquirido pelo IES/LES – UFPB, Campus I, denominado de extrusora. A operação de extrusão da semente ou caroço de algodão deu origem aos coprodutos torta de algodão e óleo bruto de algodão, que foram processados da extrusão da semente de algodão, tendo sido obtidos em fluxos contínuos distintos do processo produtivo. Os parâmetros de controle de temperatura do sistema no processo tecnológico dos ensaios de extrusão da semente ou caroço de algodão estão apresentados nos Apêndices G, H e I deste trabalho.

6.2 Caracterização do coproduto (óleo) da extrusão da semente de algodão

O coproduto da extrusão da semente com extração do óleo vegetal de algodão é denominado de torta. Comumente se encontra no comércio o farelo de algodão, que é a torta (triturada) de algodão. Já a farinha integral de algodão é originada do processamento da torta, quando beneficiada pelas operações de trituração e do peneiramento.

O farelo de algodão após pesagem e trituração deve ser acondicionado em bolsas de polipropileno para evitar a absorção de umidade do meio ambiente. Durante o fluxo do processo tecnológico da extrusão da semente a torta ou farelo de algodão obtido é destinado para produção de alimento animal, entrando como insumo alimentar nas formulações elaboradas para animais domésticos de diferentes categorias.

6.2.1 Análise convencional

A composição centesimal ou percentual informa acerca do valor nutritivo da matéria prima alimentícia e corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias por cada 100 g da matéria considerada. Os grupos de substâncias considerados “homogêneos” são aqueles que se encontram praticamente em todos os alimentos: teor de umidade; protídeos; fibras, carboidratos, ácidos graxos (extrato etéreo) e cinzas (resíduos ou minerais). Para a realização dessas análises foram seguidas as metodologias preconizadas pelo Instituto Adolfo Lutz, 2008.

Na determinação do controle de umidade dos grãos de algodão foram utilizados os secadores de túnel e de cabine para equilibrar o teor de umidade da semente. Foram realizados seis experimentos para ajustar o teor de umidade e a temperatura de secagem do caroço de algodão. A literatura orienta que o teor de umidade de segurança da semente de algodão deve ser 10,8% para que o óleo vegetal extraído não sofra alteração por oxidação dos ácidos graxos. Para atingir este parâmetro foi ajustada temperatura de secagem do secador túnel-cabine utilizado para 70 °C e o tempo deste processo para 12 horas de desidratação do material.

Os parâmetros controlados da desidratação realizada em sistema túnel – cabine de secagem convectiva estão apresentados nos Apêndices A, B, C, D, E e F.

6.2.2 Análises físico-químicas do óleo algodão

Foi realizada a avaliação do material recebido para análise, quanto aos aspectos: cor, odor, aparência. Além, das determinações: matéria seca (umidade), acidez, índice de iodo e índice de peróxido.

6.2.3 Índice de acidez

A determinação do índice de acidez do óleo de algodão seguiu a metodologia da AOAC (1993). O resultado foi expresso em percentual de ácido oleico ou em miligramas de hidróxido de potássio por grama da amostra.

6.2.4 Índice de peróxido

O índice de peróxido é um parâmetro utilizado para medir a presença de peróxido formado durante o período de indução, cuja formação pode levar a várias semanas. É considerada uma medida importante na avaliação do grau de oxidação de óleos, sendo útil

para caracterização e controle do processo de conservação. O método determina em miliequivalentes por 1000 g de amostra, todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio. Estas substâncias são consideradas como sendo peróxidos ou produtos similares provenientes da oxidação de gorduras.

6.2.5 Índice de iodo

A análise de índice do iodo foi realizada por titulação com a solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - 0,1N, conforme o método de Wijs, descrito no American Oil Chemists Society (AOCS), Cd 1 - 25. Tendo o resultado expresso em gramas de iodo absorvidos por 100 gramas de óleo.

A figura 15 mostra o fluxograma do processo de obtenção do farelo e da farinha de mandioca.

6.3 Fluxograma do processamento da mandioca para obtenção do farelo

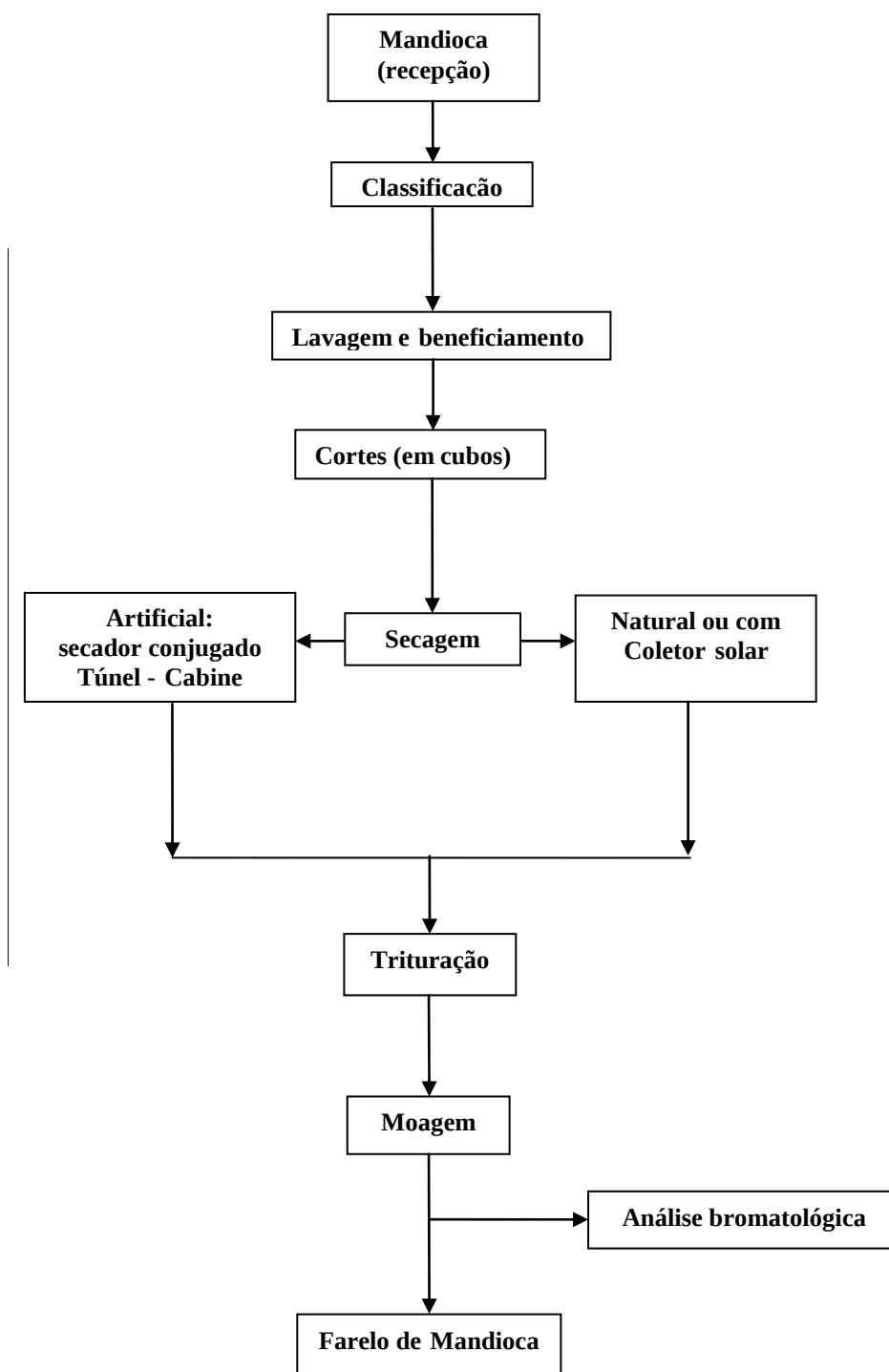


Figura 15: Processo de obtenção do farelo de mandioca

Fonte: (Elaboração própria, 2014)

6.4 CARACTERIZAÇÃO DA MATERIA PRIMA

As matérias-primas empregadas no desenvolvimento deste trabalho foram: semente ou caroço de algodão, farelo de algodão, óleo de algodão e farelo de mandioca.

Entende-se por semente de algodão o grão inteiro, intacto composto pelo caroço, pluma, línter e casca. Já o caroço de algodão se refere ao grão sem pluma e a casca superior, que o reveste. Línter são fibras curtas encontradas firmemente aderidas ao caroço de algodão, cujo conteúdo pode variar de 4 a 8% e serve como fonte de nutrientes (fibras) de fácil digestibilidade para animal.

A denominação farelo significa o coproduto de um determinado processamento industrial, que passou por processo de trituração mecânica, após a sua secagem ou desidratação.

6.4.1 Semente ou caroço de algodão

- a) semente de algodão, sem línter foi adquirida na Central de Armazenamento de grãos da EMBRAPA, Patos/Paraíba.
- b) semente de algodão, com línter foi adquirida no comércio da grande João Pessoa/PB.

6.4.2 Óleo de Algodão

Extraído da semente de algodão (sem línter), adquirida na EMBRAPA, Patos/PB. A extração do óleo de algodão foi realizada por processo de extrusão no LES/IES – UFPB, -CT - Campus I – João Pessoa/PB.

6.4.3 Torta de Algodão

Oriunda do processo de extração de óleo de semente de algodão, realizada no LES/IES, UFPB – CT -Campus I, João Pessoa/PB. Este material residual representa um dos coprodutos da extração do óleo vegetal do caroço de algodão.

6.4.4 Farelo de Mandioca

O farelo de mandioca é a matéria-prima obtida do processamento de mandioca integral, após desidratação e trituração. Neste experimento este coproduto foi obtido do

beneficiamento da mandioca processada no Restaurante Universitário da UFPB, Campus I, João Pessoa - Paraíba.

6.4.5 Misturas alimentícias para animal

São alimentos balanceados com os coprodutos da produção de biodiesel de algodão (óleo e torta) e etanol de mandioca, que por sua elaboração foram calculados dieteticamente, para suprir as exigências nutricionais (calóricas, proteicas, etc.) para diversas categorias de animal.

Cuidados especiais foram tomados durante a preparação da mistura alimentícia para incorporação na dieta animal, devido à presença do ácido cianídrico (mandioca brava) e do gossipol (caroço de algodão) presentes nas matérias primas utilizadas. Estudos diversos têm sido realizados no Brasil, com a finalidade de isolar, identificar e neutralizar estes componentes, devido há ações antinutricionais provocadas aos seres animais vivos.

6.5 Estudo Térmico

A análise térmica constitui-se num grupo de técnicas de elevado interesse na caracterização de alimentos, visto que proporciona dados analíticos relevantes ao processamento industrial de substâncias alimentícias possibilitando a análise geral da amostra em um tempo relativamente curto (CARRASCO, 1993).

A análise térmica difere um pouco das outras técnicas analíticas instrumentais, pois seu desenvolvimento se deu ao longo do tempo, em função de pesquisas exaustivas isoladas, não sendo taxada como uma técnica de marketing ou de divulgação intensiva.

As curvas Termogravimétricas (TG) e de Análise Térmica Diferencial (DTA) do caroço de algodão, farelo de algodão (torta), óleo de algodão e do farelo de mandioca foram obtidas por meio de um Analisador Térmico Simultâneo, marca Shimadzu, modelo DTG-60H, com a variação de temperatura de 30 a 1000 °C, razão de aquecimento de 10 °C min.⁻¹ e fluxo com vazão de 50 mLmin.⁻¹, sob atmosférica de ar sintético. Para realizar a análise foi utilizando uma microcápsula de alumina de 900 µL e massa da amostra de aproximadamente 10 mg. As análises térmicas foram realizadas no Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, sob a Coordenação do Professor Dr. Antônio Gouveia de Souza, com apoio técnico da servidora Ms. Lúcia Carvalho e da doutoranda em Química, Ms. Líbia

Nayane. Na avaliação da termogravimetria (TG) e da análise térmica diferencial (DTA), realizada sob a orientação da Dra. Marta Maria da Conceição da UFPB/CTDR, foi utilizado o aplicativo OriginPro 8,5, para compilar os resultados simultâneos da perda de massa de cada coproduto processado e plotar as respectivas Curvas Térmicas.

6.6 Análise bromatológica do farelo (raspa) da mandioca

As análises bromatológicas do farelo (raspa) da mandioca foram realizadas no laboratório de tecnologia dos alimentos LTA/UFPB/CT, sob a orientação da profa. Dra. Helenice Holanda, que serviram para identificar o padrão de identidade e de qualidade das amostras de mandioca e de seus coprodutos. Foram determinados os “conteúdos” em percentuais da matéria seca (MS); proteína bruta (PB); material mineral (MM), carboidratos, extrato etéreo (EE) e umidade das amostras dos coprodutos. Para a realização dessas análises foram seguidas as metodologias preconizadas pelo Instituto Adolfo Lutz, 2008.

6.6.1 – Análise térmica dos coprodutos: semente de algodão e mandioca (raspa)

Os coprodutos de algodão herbáceo, com línter (caroço, torta e óleo) e da mandioca (raspa) foram analisados por método dinâmico de termogravimetria (TG) e análise térmica diferencial (DTA), tendo sido, passado por análise de controle de qualidade.

O processamento da semente de Algodão foi ordenado segundo preconizado por Berzaghi (1965), que consiste em receber o produto, examiná-lo, executar o processo auxiliar de expurgo e submetê-lo a operação mecânica. Este processo inicia com o beneficiamento da matéria prima (semente de algodão) com a execução dos procedimentos auxiliares, que têm como finalidade as remoções de impurezas, separação das cascas, fibras e línter, bem como o acondicionamento, adequado para seguir o processo de extração do óleo.

Neste trabalho o procedimento tecnológico foi realizado em três fases, a saber: preparatória, principal e complementar. Na primeira fase ocorreu o recebimento, a classificação e o armazenamento das matérias primas. A segunda fase denominada de principal foi realizada a limpeza, remoção das impurezas, desidratação da matéria-prima (ajuste da umidade em secador artificial conjugado túnel-bandeja) e armazenagem provisória. A terceira fase foi a complementar, se refere á extração do óleo vegetal, obtendo-se o coproduto residual torta ou farelo de algodão.

6.7 AVALIAÇÃO DA MISTURA ALIMENTÍCIA ELABORADA

Para conferir a qualidade nutricional de uma das misturas nutritivas elaboradas com coprodutos da produção de biocombustível (etanol e biodiesel), foi escolhido um grupo de animal bovino (matriz mestiça, em lactação) numa fazenda do Agreste Paraibano. A escolha da mistura alimentícia elaborada (aplicada na dieta das vacas mestiças) deste ensaio, se baseou na disponibilização dos insumos alimentícios (integrantes da formulação nutritiva) no comércio da região. Neste ensaio dietético com os seis bovinos (matriz mestiça, em lactação) foi realizado inicialmente um pré-teste (duração de quinze dias), para encontrar possíveis falhas de logística da metodologia. O tempo total do ensaio/avaliação foi de noventa dias. Neste ensaio uma mesma quantidade de animais foi separada em outro ambiente (nas mesmas condições físicas e ambientais). Porém, com uma única diferença na ingesta, que foi realizado com manutenção da dieta normal aplicada do dia a dia. A comparação dos resultados obtidos neste ensaio (dieta com mistura elaborada), com o obtido pela ingestão da dieta normal serviu para verificar a evolução prática dos trabalhos desenvolvidos com uma mistura alimentícia (nº 4: bovino, matriz em lactação) calculada nesta pesquisa. Para compilar o resultado final do ensaio, se tomou como parâmetro a quantidade total de leite produzida e o desempenho físico corpóreo do plantel.

7.0 RESULTADOS E ANÁLISES

7.1 Caracterização bromatológica da semente do algodão

Os resultados obtidos para a caracterização bromatológica da semente de algodão foram: teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, carboidrato, material mineral e matéria seca, os quais demonstraram que os mesmos estão dentro dos limites adequados para a realização da produção de insumo alimentar animal.

A tabela 34 apresenta os resultados da composição centesimal das matérias-primas analisadas, procedentes da semente de algodão, da torta de algodão e da semente de algodão, sem línter.

Tabela 34
Composição centesimal da semente e da torta de algodão, sem línter.

Matéria prima	Teor de umidade (%)	Proteína bruta (%)	Extrato etéreo (%)	Carboidrato (%)	Material Mineral (%)	Energia (kcal/100g)	Matéria seca (%)
Torta, sem línter	10,38	23,63	12,06	50,11	3,82	403,50	100,00
Semente de algodão, sem línter	9,68	20,75	36,84	28,86	3,87	530,00	99,75
Semente de algodão, com línter	9,15	20,50	22,72	44,10	3,53	432,88	100,00

Fonte: (Elaboração própria, 2011)

A secagem da semente de algodão realizada a 70 °C em secador artificial conjugado túnel-cabine de secagem convectiva, proporcionou uma umidade final de 10,38% ao produto, a qual permitiu a conservação das sementes em temperatura ambiente, sem ocorrência ou desenvolvimento superficial de fungos, durante o período de três meses em que as sacarias permaneceram armazenadas e organizadas em plataforma, tipo “pallet” ou “estrado” de madeira.

As figuras 16, 17 e 18 ilustram os resultados obtidos nas análises bromatológicas da semente de algodão integral, semente de algodão e da torta de algodão, sem línter.

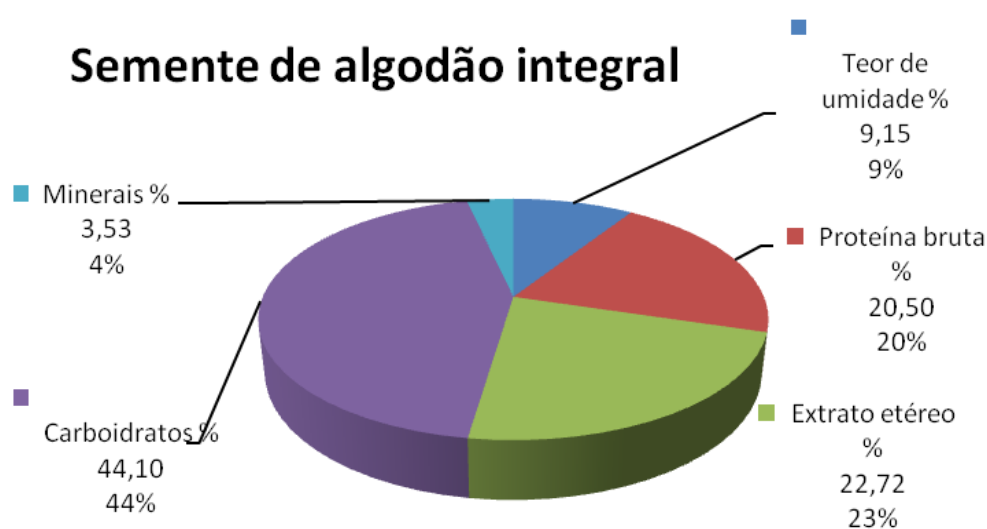


Figura 16: Composição centesimal da semente de Algodão.

Da figura 16, pode ser verificado que as sementes de algodão integral apresentaram um conteúdo elevado de extrato etéreo ou lipídios (22,7%) e proteína bruta (20,5%) e baixo teor em minerais (3,53%). Estes dados conferem as sementes de algodão analisadas, uma fonte promissora para obtenção de óleo vegetal e proteína bruta.

O tratamento térmico do grão (semente) ou da torta/farelo de algodão diminui a solubilidade da proteína e sua taxa de degradação no rúmen – aumenta a proteína by-pass.

A figura 17 mostra os resultados obtidos da composição centesimal das sementes de algodão, sem línter.

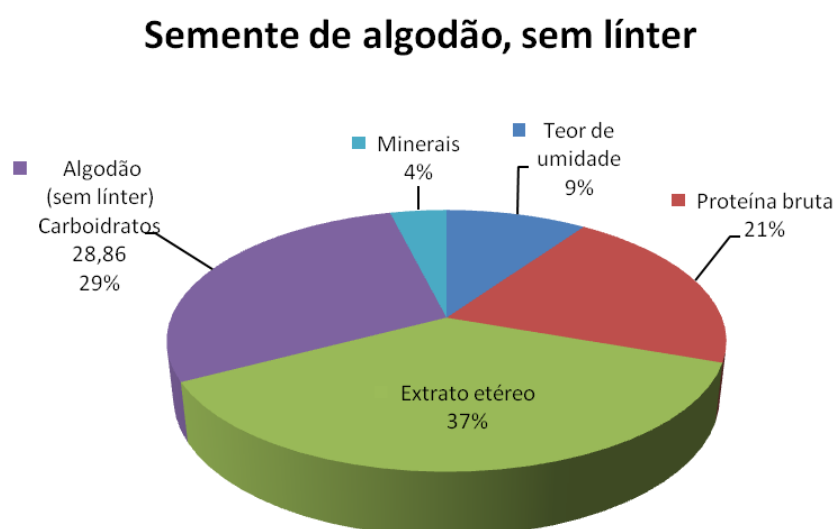


Figura 17: Composição centesimal da semente de algodão, sem línter

As sementes de algodão, sem línter apresentaram 37% de teor de extrato etéreo, índice este considerado excelente, quando comparado a outras sementes oleaginosas comercializadas, como milho (3 - 5%) e soja (18 - 20%). A proteína bruta (PB) com teor de 21%, valor considerado ideal para ingestão animal em alimentação concentrada proteica (PB>18). Os farelos concentrados de sementes oleaginosas obtidos de sementes oleaginosas possuem valor biológico melhor do que dos cereais. Porém, vale salientar que a proteína de sementes oleaginosas tem baixo conteúdo em ácido glutâmico, cistina e metionina. O teor de minerais foi de 4%, índice considerado baixo, como já era esperado (teor cálcio - 0,2% na matéria seca), pois apresenta apenas conteúdo elevado em fósforo (P) de 1,1%. Quanto ao resultado das vitaminas se mostra valor adequado em vitamina do complexo B e baixos

conteúdos de beta caroteno e vitamina E. O teor em carboidrato foi de 28,8% se mostrando suficiente para alimentação de animais, porém apresentou um componente tóxico denominado de gossipol, que deve ser eliminado antes de ser administrado aos animais. Sua toxicidade é eliminada ao meio ambiente através do processo de aeração da massa da semente de algodão triturada ou do seu coproduto obtido, o deixando sob-reposso/aeração por um período mínimo de 24 horas.

A figura 18 apresenta o resultado da análise bromatológica da torta da semente de algodão, sem línter.

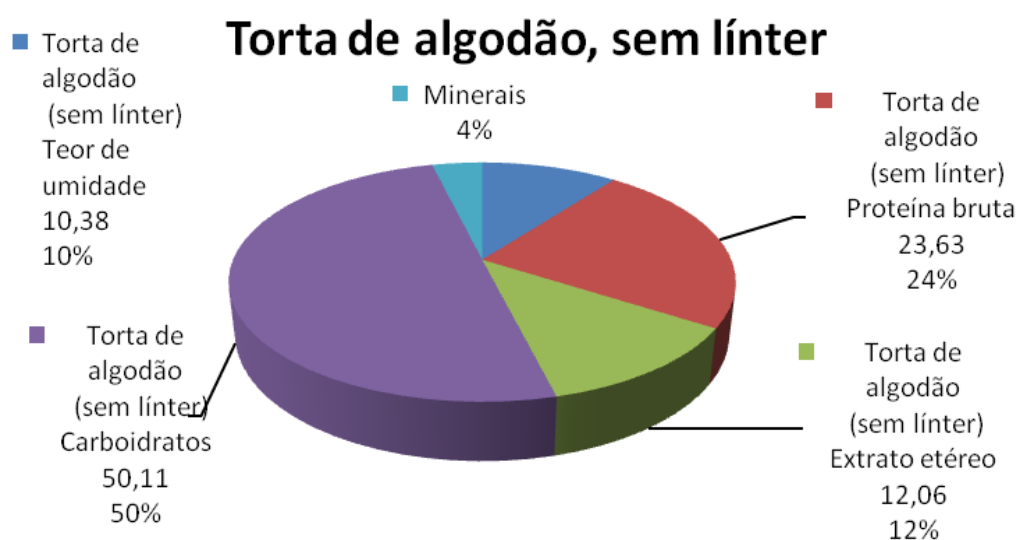


Figura 18: Composição centesimal da torta de algodão, sem línter.

Da figura acima se observa em destaque o conteúdo de carboidratos, com 50% dos componentes nutricionais avaliados, bem como, o valor da proteína bruta (23,6%), que se mostrou em percentual acima dos obtidos nas sementes de algodão integral. A proteína bruta das sementes de algodão é de boa qualidade e varia em teor de 30 a 45%. O teor em extrato etéreo de 12,0% era esperado, devido este material ter passado por processo de extração de óleo em máquina extrusora ou extratora de óleos vegetais.

7.2 Extração do óleo de algodão

A tabela 35 apresenta o rendimento obtido durante a extração do óleo vegetal de algodão herbáceo, realizado no laboratório de Operações Unitárias do LES/CT/UFPB, utilizando processo mecânico (extrusão).

Tabela 35
Rendimento de óleo vegetal extraído por processo de extrusão

Óleo de Algodão (mL)		Rendimento (%)	
Total da amostra	Óleo bruto	Resíduos (g)	Óleo de Algodão (%)
460	360	100 (21,74%)	78,26

Fonte: (Elaboração própria, 2011)

A matéria prima semente de algodão herbáceo, sem línter foi obtida na Embrapa Algodão do município de Patos/PB e o óleo de algodão foi extraído pela equipe do LES/IES/CT da UFPB, Campus I, onde utilizaram um equipamento máquina extrusora adquirida (2011), pelo Instituto de Energias Sustentáveis - IES.

O óleo bruto de algodão extraído apresentou em sua composição 21,74% de impurezas, provavelmente constituídas por pigmentos, gomas, fosfatídeos, gossipol, entre outros elementos. Esta quantidade de impureza, inadequada para o processo tecnológico de produção de biocombustível, representa um grande problema para a indústria produtora, que deverá proceder à purificação antes de iniciar o processo tecnológico idealizado. Portanto, recomendamos proceder antes da extração do óleo a classificação da matéria prima, bem como a execução do processo auxiliar de limpeza do grão ou semente de algodão, que por sua constituição física consegue facilmente incorporar sujidades que diminuem a qualidade do produto final.

7.2.1 Caracterização físico-química do óleo de Algodão

Os teores para a caracterização físico-química obtidos do óleo de algodão, tais como: de umidade, índice de acidez e índice de peróxido, demonstram que os mesmos estão dentro

dos limites adequados para a realização da reação de transesterificação, conforme preceitua a Resolução nº 22/77, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA).

A tabela 36 mostra os resultados das propriedades físico-químicas do óleo bruto de algodão utilizado nos ensaios desta pesquisa.

Tabela 36
Propriedades físico-químicas do óleo bruto de algodão

Caracterizações físico-químicas do óleo	Óleo bruto de algodão	
	Resultado	Limite*
Teor de umidade (%), máx.	0,25	0,5
Índice de acidez ác. oléico (mg NaOH/g), máx.	0,17	2,0
Índice de peróxido (mg/kg óleo), máx.	10	20
Índice de iodo (g/100g), máx.	103	119

Obs.: máx. – máximo * Resolução nº 22/77, da CNNPA.

7.3 Caracterização bromatológica dos coprodutos (ou resíduos) da mandioca

O resultado da análise bromatológica do coproduto da mandioca pode ser observado através da figura 19, onde os carboidratos (78%) aparecem em maior proporção, em seguida, na ordem decrescente, o teor de umidade (14%), proteína bruta (5,0%) e o material mineral (2,0%).

Resíduos de mandioca (Teor em amido)

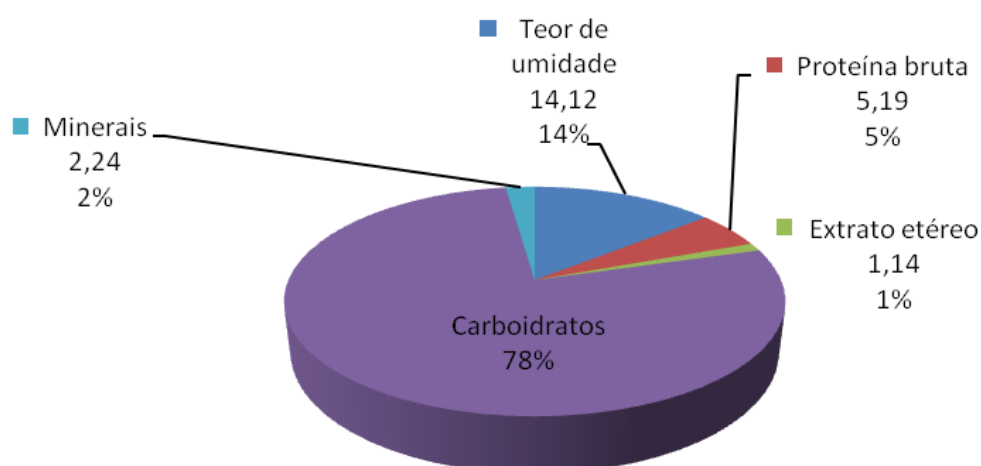


Figura 19: Composição centesimal dos coprodutos (resíduos) da mandioca (teor em amido).

A tabela 37 mostra os valores da composição centesimal dos coprodutos da Mandioca.

Tabela 37
Composição centesimal dos coprodutos (raspas) da mandioca, tipos I e II

Mandioca (coprodutos)	Teor de umidade (%)	Proteína bruta (%)	Extrato etéreo (%)	Carboidrato (%)	Material Mineral (%)	Energia (kcal/100g)	Matéria seca (%)
Raspa da mandioca Tipo I (Teor em Fibras)	13,34	4,07	1,13	77,44	4,02	336,21	100
Raspa da mandioca, Tipo II (Teor em Amido)	14,12	5,19	1,14	77,31	2,24	340,26	100

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

Da tabela acima, pode ser verificado o valor que o material mineral do coproduto (raspa) da mandioca Tipo I, se apresentou superior ao obtido no coproduto (raspa) de mandioca Tipo II. O coproduto (Tipo I) é composto em maior proporção por casca e talo das partes aéreas e das ramas de mandioca. Quanto á proteína bruta o resultado obtido da raspa de mandioca Tipo II, se apresentou com percentual superior ao da raspa de mandioca Tipo I.

Os resultados bromatológicos das diferentes composições dos coprodutos da mandioca estão apresentados na tabela 38.

Tabela 38
Composição centesimal de diferentes amostras de coprodutos da mandioca

Coprodutos de Mandioca	Matéria seca %	Teor de umidade %	Proteína bruta %	Extrato etéreo %	Carboidratos %	Minerais %	Energia (kcal/100g)
Amostra A	85,88	14,12	5,19	1,14	77,31	2,24	340,26
Amostra B	86,66	13,34	4,07	1,13	77,44	4,02	336,21
Amostra C	85,49	14,51	6,07	1,23	76,53	1,66	341,47
Amostra D	83,44	16,56	6,08	0,84	74,68	1,84	330,6
Amostra E	85,18	14,82	5,01	0,80	77,14	2,23	335,8
Amostra F	83,63	16,37	5,64	0,82	75,43	1,74	331,66
Amostra G	84,80	15,20	7,42	0,63	73,88	2,87	330,87
Teor médio (nutrientes)	85,01	14,98	5,64	0,94	76,06	1,79	335,26

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

Da análise da tabela acima, que apresenta a composição centesimal dos nutrientes das diferentes amostras dos coprodutos da mandioca (raspa), se verifica que a amostra de raspa de mandioca do coproduto “B” apresentou os valores de carboidratos, minerais e matéria seca em percentuais maiores do que as demais amostras. A amostra “C” apresentou um teor em extrato etéreo superior aos das demais composições de amostras (coproduto) de mandioca. A proteína bruta foi encontrada em percentual superior na amostra do coproduto “G”. Quanto ao teor de umidade da amostra da raspa de mandioca “D” apresentou o coproduto de mandioca com maior teor de umidade, quando comparado as demais amostras analisadas.

Os valores médios percentuais obtidos das composições nutricionais das raspas de mandioca analisadas são os seguintes: matéria seca (85,01%), teor de umidade (14,98%), proteína bruta (5,64%), extrato etéreo (0,94%), carboidratos (76,06%) e material mineral (1,79%). O valor médio de energia metabolizável disponível no coproduto residual da raiz (raspa) de mandioca foi de 335,26 (kcal/100g). Estes teores podem ser bem visualizados através da figura 20, onde os comportamentos dos valores nutricionais dos coprodutos residuais da raiz de mandioca mansa estão expressos nos diagramas de barras.

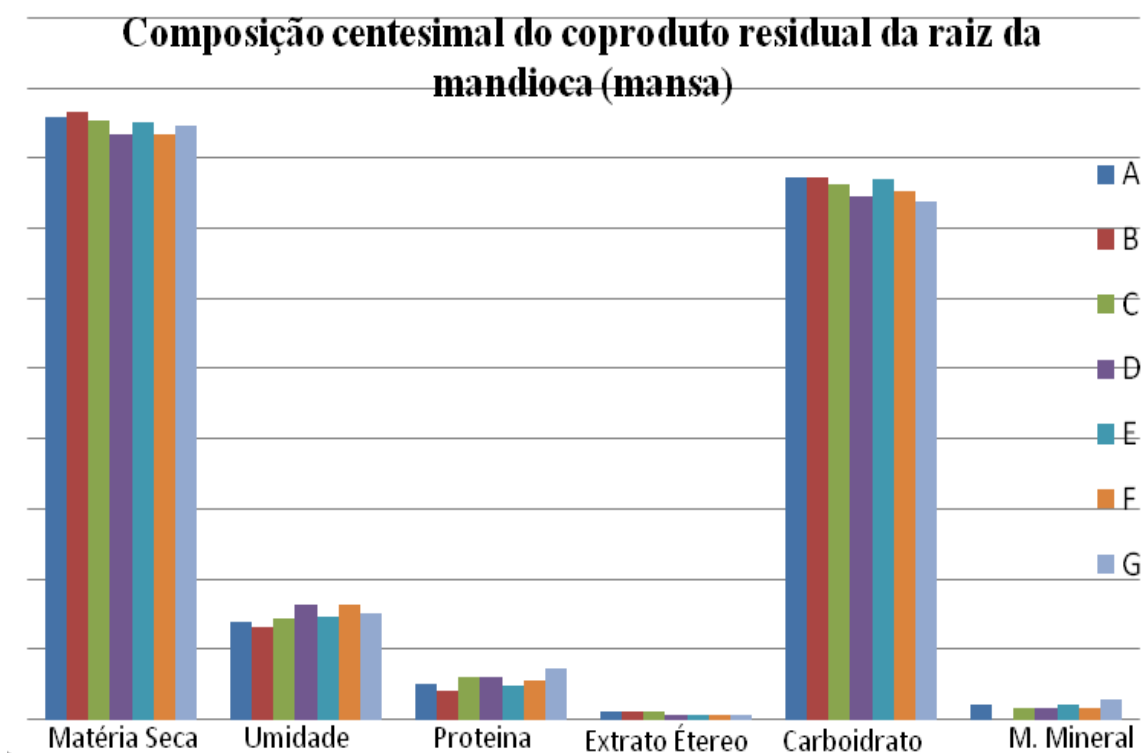


Figura 20: Composição centesimal dos nutrientes dos coprodutos da mandioca.

7.4 Aplicação da mistura alimentícia elaborada e do ambiente

Para avaliar o potencial nutritivo proteico-calórico de uma das misturas formuladas foi realizado teste com um plantel de animais de grande porte bovino (matriz em lactação), com finalidade de acompanhar a produção de leite diária e os desenvolvimentos dos animais confinados, inclusive de suas crias.

Durante o semi-confinamento dos bovinos mestiços (matriz leiteira), com idade de 3,0 anos e peso aproximado de 450 kg/cabeça/Peso Vivo, foi administrada a mistura alimentar elaborada com os insumos: farelo de algodão (40%), farelo de trigo (30%), farelo de mandioca (20%) e farelo de milho (10%) e volumoso a silagem de milho e palma forrageira “in natura”. A alimentação se deu numa proporção de volumoso (63%) e concentrado (37%), com nível de cerca de 20% de proteína. Na avaliação do experimento não foi realizado o controle de ganho de peso corporal (GDP), pela inexistência do equipamento de pesagem (balança de plataforma) de capacidade suficiente para aferição do peso de animal de grande porte, foi acompanhado a evolução da produção leiteira e o desempenho corporal dos animais e das crias.

O material alimentício tipo “volumoso” empregado foi produzido na fazenda dos agropecuaristas colaboradores, tendo sido, diariamente, retirado dos silos de armazenagens tipos Trincheira e de Superfície, nos horários de alimentação animal e os demais insumos nutritivos foram adquiridos na EMBRAPA - Patos/PB e no comércio local (Aroeira/PB). A mistura nutritiva balanceada foi disponibilizada no cocho da baia do animal na proporção mencionada acima, adicionado de sal mineralizado, tendo sido servido em bebedouro, com frequência, água potável.

7.5 ANÁLISE TÉRMICA

7.5.1 Parâmetros da análise térmica de termogravimetria (TG) e da análise térmica diferencial (DTA)

Os parâmetros das análises térmicas realizadas com os coprodutos da semente de algodão, com línter (caroço de algodão, torta de algodão e óleo de algodão) e de mandioca (raspa) serão apresentados a seguir:

7.5.2 Análise térmica da semente (ou caroço) de algodão herbáceo

7.5.2.1 Análise TG/DTG da semente de algodão herbáceo: Curva de Termogravimetria (TG) e de Termogravimetria Derivada (DTG) do caroço de algodão herbáceo

A figura 21 apresenta as curvas resultantes das análises TG/DTG da semente ou caroço de Algodão, com línter.

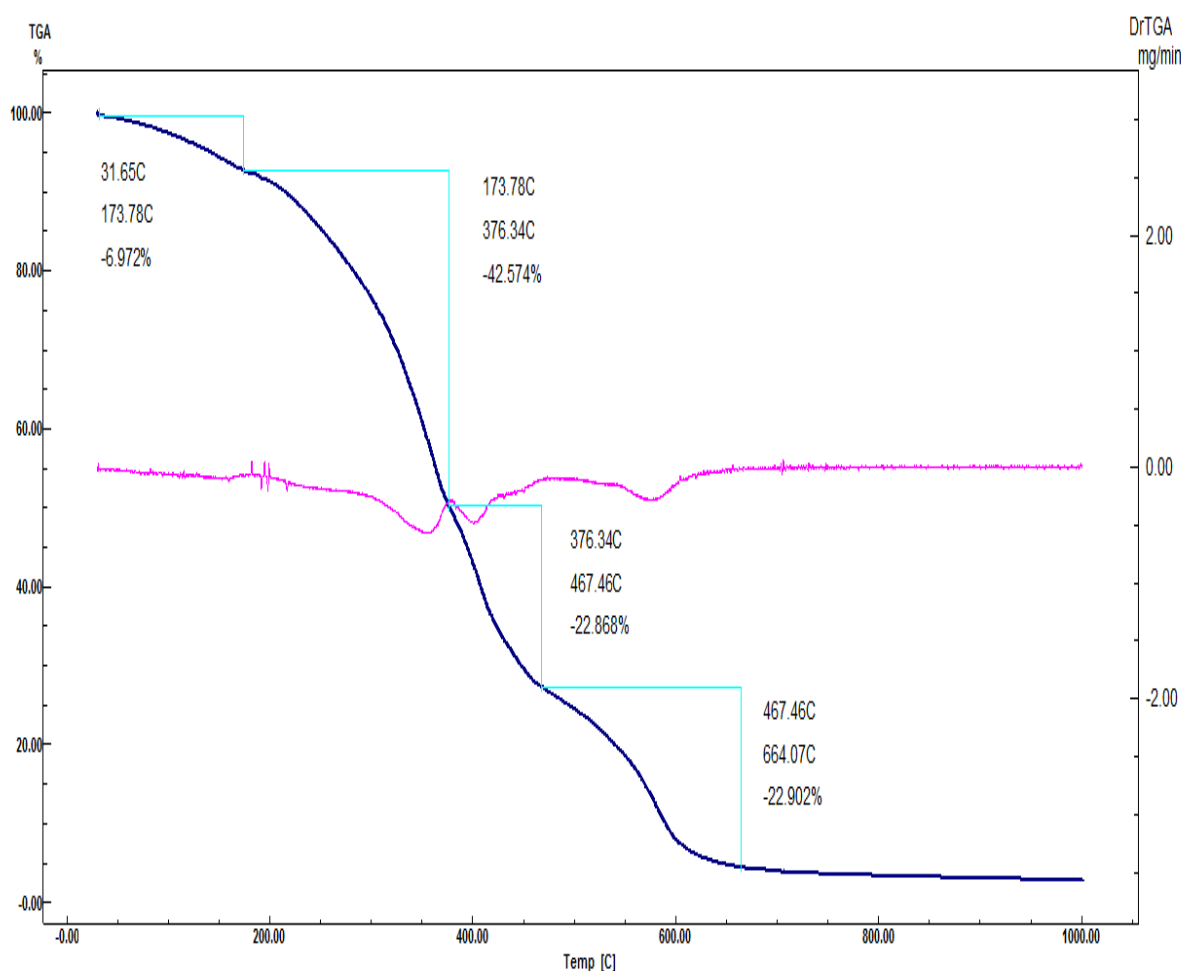


Figura 21: Curvas TG/DTG do caroço de algodão, com línter.

As curvas da TG/DTG do caroço de algodão, com línter apresentaram quatro etapas de perdas de massa, a primeira no intervalo de 31 – 173°C (6,97%) foram atribuídas à desidratação do material analisado, as demais etapas aconteceram nos intervalos de 173 – 376°C (42,57%), 376 – 467°C (22,87%) e 467 – 664°C (22,90%), atribuídas às decomposições dos lipídeos, proteínas e carboidratos, restando 4,69% dos resíduos minerais fixos ou cinzas, que correspondem ao material resultante da degradação térmica.

A tabela 39 mostra as etapas, seus intervalos de temperaturas e as respectivas perdas de massas (%) ocorridas durante as análises da TG/DTG da semente ou caroço de algodão.

Tabela 39
Resultados da análise da semente ou caroço de algodão, realizada pelo método termogravimétrico utilizando atmosfera de ar sintético

Etapa	Intervalo (°C)	Perda de massa (%)
1	31 – 173	6,97
2	173 – 376	42,57
3	376 – 467	22,87
4	467 – 664	22,90
Resíduo	>> 664	4,69

7.5.2.2 Análise térmica diferencial (DTA) da semente (ou caroço) de algodão

7.5.2.2.1 Curva DTA da semente ou caroço de algodão, com línter

A figura 22 apresenta a curva resultante da análise DTA do caroço de algodão, com línter.

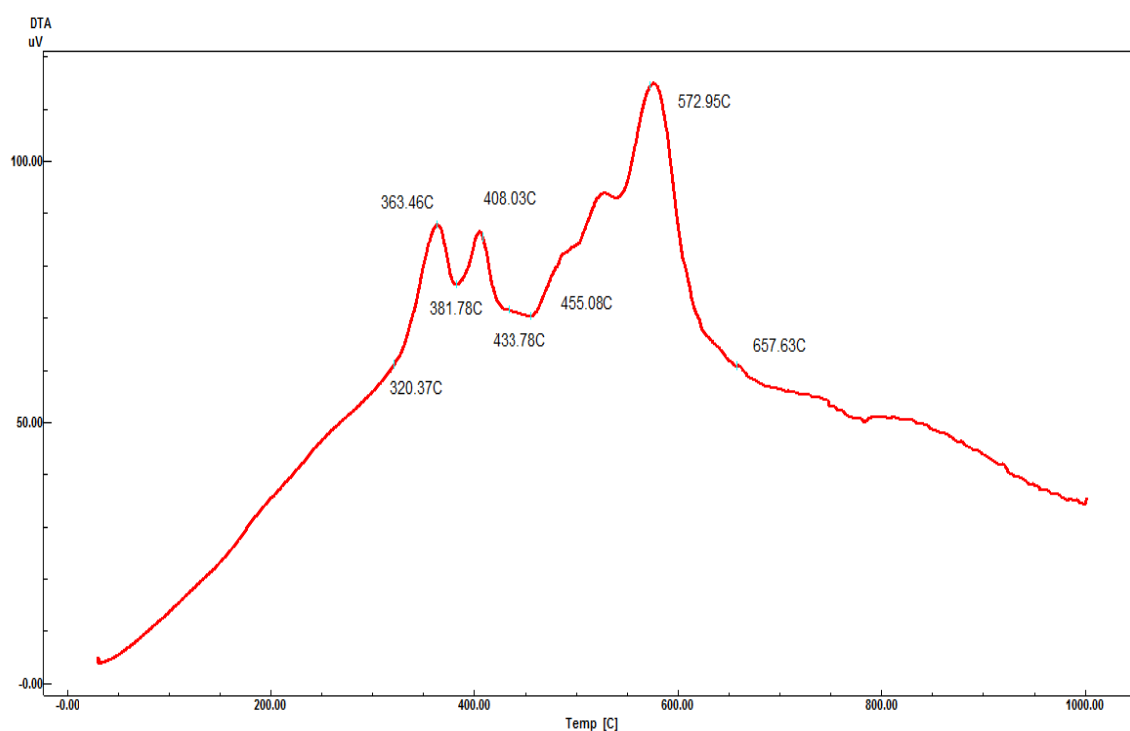


Figura 22: Curva DTA do caroço de algodão, com linter

A curva DTA da semente ou caroço de algodão apresentou três transições exotérmicas nos intervalos de temperatura de 320 – 381°C (temperatura de pico 363°C), 381 – 433°C (temperatura de pico 408°C) e 455 – 657°C (temperatura de pico 572°C), as quais foram atribuídas as decomposições de lipídeos, proteínas e carboidratos.

A tabela 40 mostra as etapas da Análise Térmica Diferencial (DTA) do caroço de algodão.

Tabela 40
Resultados da análise térmica diferencial (DTA) do caroço de algodão,
utilizando atmosfera de ar sintético

Transição	Intervalo (°C)	Temperaturas de pico (°C)
1	320 – 381	363
2	381 – 433	408
3	455 – 657	572

7.5.3 Análise térmica da torta do algodão

7.5.3.1 Análise TG/DTG da torta de algodão herbáceo, com línter: Curva de Termogravimetria (TG) e de Termogravimetria Derivada (DTG) da torta de algodão herbáceo, com línter.

A figura 23 apresenta o resultado da análise TG/DTG da torta de algodão.

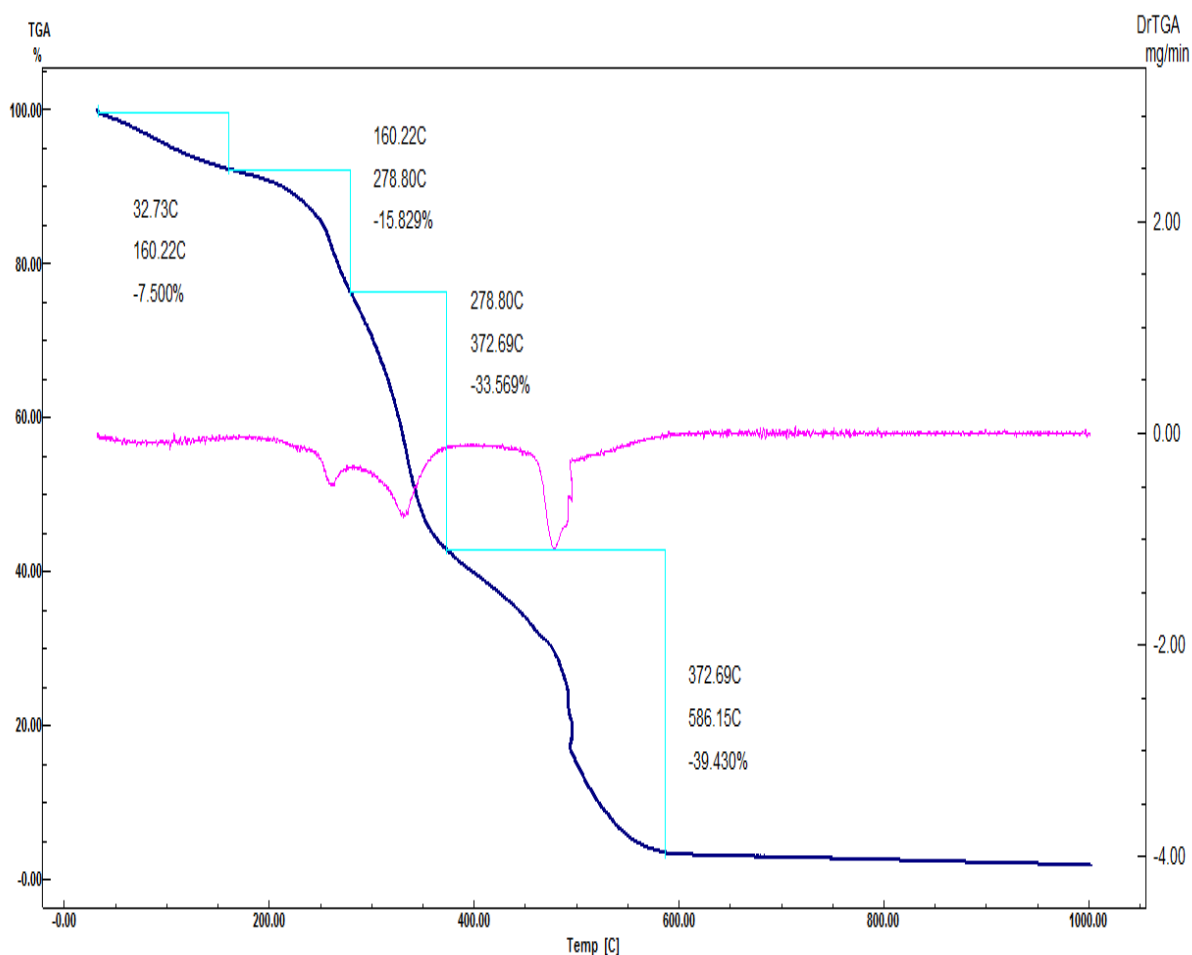


Figura 23: Curvas TG/DTG para a Torta de algodão

As curvas TG/DTG da torta de algodão apresentaram quatro etapas de perda de massa, a primeira no intervalo de temperatura de 32 - 160°C (7,5%) foram atribuídas a desidratação, as demais etapas aconteceram nos intervalos de temperatura de 160 - 278°C (15,83%), 278 - 372°C (33,5%) e 372 - 586°C (39,43%) atribuídas a decomposição de lipídeos, proteínas e carboidratos, restando 3,67% de cinzas

Os resultados da análise das curvas da TG/DTG da torta do algodão estão apresentados na Tabela 41.

Tabela 41
Resultados da análise da torta de algodão pelo método termogravimétrico
utilizando atmosfera de ar sintético

Etapa	Intervalo (°C)	Perda de massa (%)
1	32 – 169	7,50
2	160 – 278	15,83
3	278 – 372	33,57
4	372 – 586	39,43
Resíduo	>> 586	3,67

7.5.3.2 Análise térmica diferencial (DTA) da torta de algodão

7.5.3.2.1 Curva DTA da Torta de algodão, com línter

A tabela 42 mostra as etapas da DTA da Torta de algodão, com línter.

Tabela 42
Resultados da análise térmica diferencial (DTA) da torta de algodão com línter,
utilizando atmosfera de ar sintético

Transição	Intervalo (°C)	Temperatura de pico (°C)
1	233 – 281	262
2	281 – 388	336
3	388 – 621	491

A curva DTA da torta de algodão apresentou três transições exotérmicas nos intervalos de temperatura de 233 – 281°C (temperatura de pico 262°C), 281 – 388°C (temperatura de pico 336°C) e 388 – 621°C (temperatura de pico 491°C), as quais foram atribuídas a decomposição de lipídeos, proteínas e carboidratos.

A figura 24 apresenta a curva resultante da análise DTA da torta de algodão, com línter.

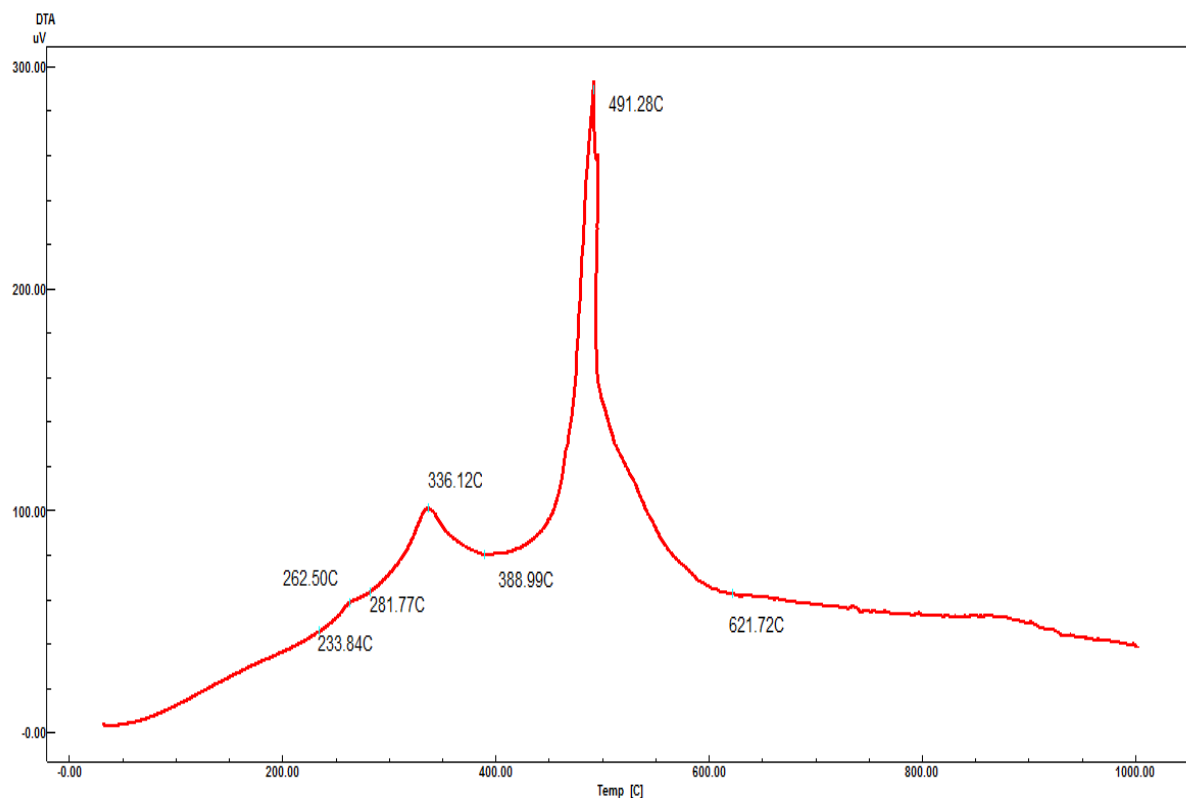


Figura 24: Curva DTA da Torta de algodão, com línter.

7.5.4 – Análise térmica do óleo bruto de algodão

7.5.4.1 Análises de Termogravimetria (TG) e de Termogravimetria derivada (DTG) do óleo bruto de algodão.

Da análise da figura 25, podemos observar as curvas TG/DTG do óleo bruto de algodão que apresentaram quatro etapas de perda de massa, a primeira no intervalo de temperatura de 169 – 294°C (9,92%) foi atribuída a decomposição das impurezas presentes no óleo, tais como fosfatídeos e pigmentos; as demais etapas aconteceram nos intervalos de temperatura de 295 – 373°C (36,25%), 373 – 467°C (39,86%) e 467 – 564°C (13,94%) e foram atribuídas a decomposição dos ácidos graxos, principalmente os majoritários: ácido linoléico, oléico e palmítico, respectivamente, poliinsaturado, monoinsaturado e saturado.

A figura 26 apresenta o resultado gráfico da análise TG/DTG do óleo bruto de algodão.

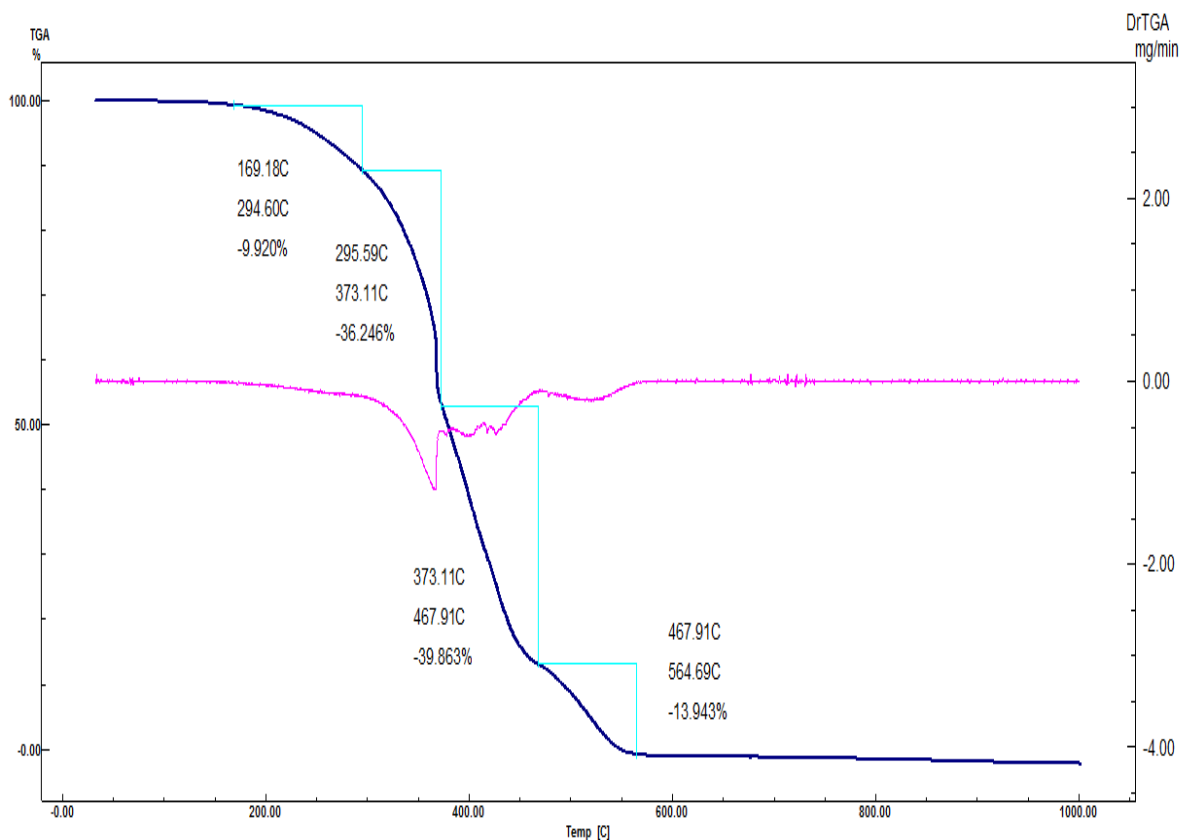


Figura 25: Curvas TG/DTG para óleo bruto de algodão, com línter.

Da análise TG/DTG do óleo bruto de algodão foram obtidos os resultados expressos na Tabela 43.

Tabela 43

Resultados da análise (TG/DTG) do óleo bruto de algodão,
utilizando atmosfera ar sintético

Etapa	Intervalo de Temperatura (°C)	Perda de massa (%)
1	169 – 294	9,92
2	295 – 373	36,24
3	373 – 467	39,86
4	467 – 564	13,94
Resíduo	>>564	8,78

7.5.4.2 Análise Térmica Diferencial (DTA) do óleo de algodão

A figura 26 apresenta o resultado gráfico da análise DTA do óleo bruto de algodão.

7.5.4.2.1 Curva DTA do óleo de algodão

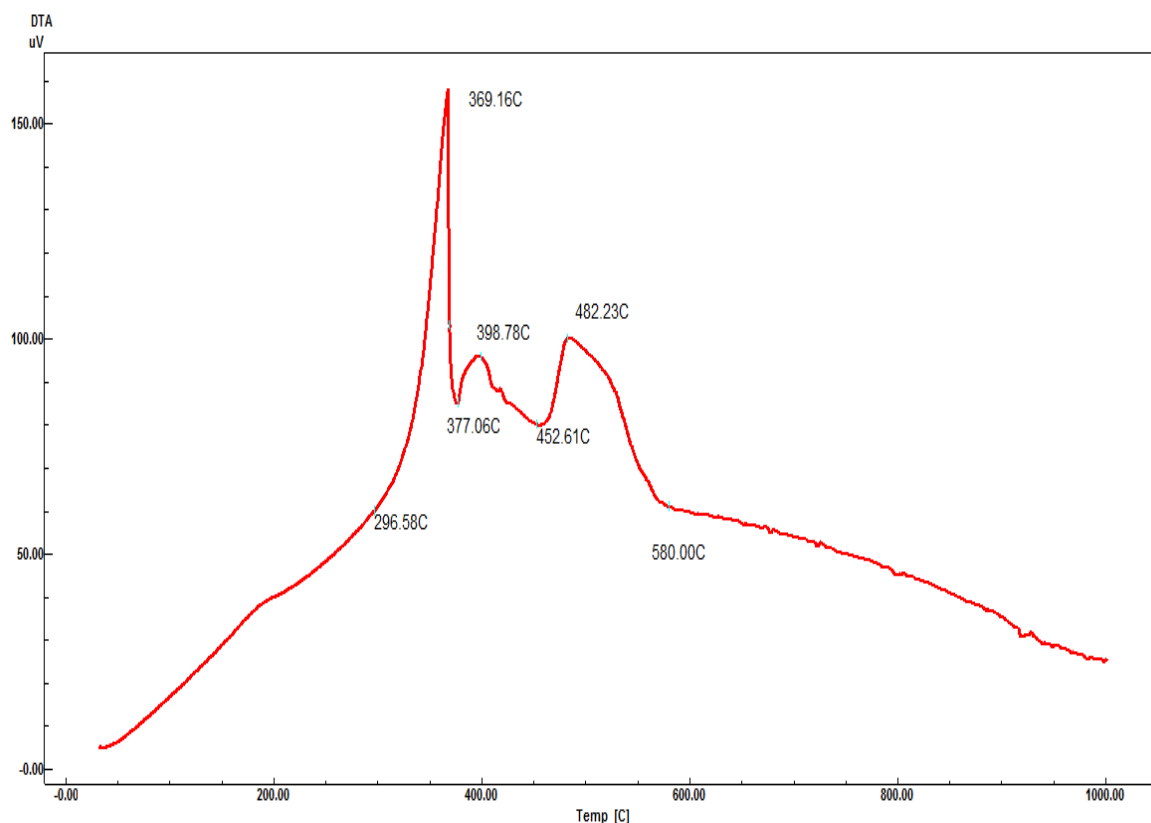


Figura 26: Curva DTA para óleo de algodão bruto

A curva DTA do óleo bruto de algodão apresentou três transições exotérmicas nos intervalos de temperatura de 296 – 377°C (temperatura de pico 369°C), 377 – 452°C (temperatura de pico 398°C) e 452 – 580°C (temperatura de pico 482°C), as quais foram atribuídas a decomposição dos ácidos graxos, principalmente os majoritários: ácido linoléico, oléico e palmítico, respectivamente, poliinsaturado, monoinsaturado e saturado.

Os resultados da análise térmica diferencial (DTA) do óleo bruto do algodão estão apresentados na Tabela 44.

Tabela 44
Resultados da análise térmica diferencial (DTA) do óleo bruto de algodão,
utilizando atmosfera de ar sintético

Transição	Intervalo (°C)	Temperatura de pico (°C)
1	296 – 377	369
2	377 – 452	398
3	452 – 580	482

7.5.5 – Análise térmica do coproduto da mandioca

7.5.5.1 Análise TG/DTA do coproduto da mandioca: Análises de Termogravimetria (TG) e de Termogravimetria derivada (DTG) do coproduto da mandioca (farelo)

A figura 27 apresenta o resultado gráfico da análise TG/DTG do coproduto da mandioca (farelo).

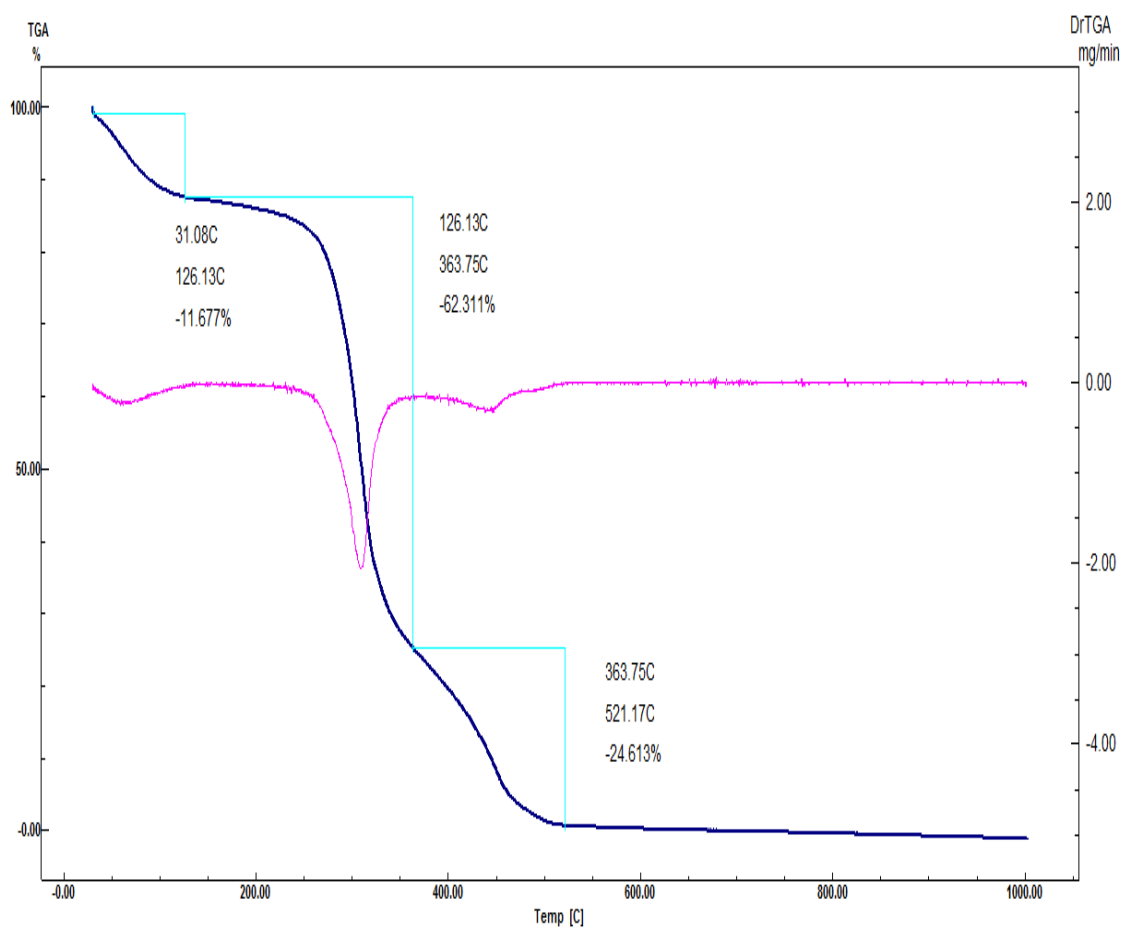


Figura 27: Curvas da TG/DTG do coproduto da mandioca

As curvas TG/DTG da mandioca, com línter apresentaram três etapas de perdas de massas, a primeira no intervalo de temperatura de 31 – 126°C (11,68%) foi atribuída a desidratação, as demais etapas aconteceram nos intervalos de temperatura de 126 – 363°C (63,31%) e 363 – 521°C (24,61%) atribuídas a decomposição de carboidratos e proteínas, restando 1,40% de resíduos minerais fixos ou cinzas.

A tabela 45 apresenta as etapas da TG/DTG do coproduto da mandioca.

Tabela 45
Resultados da (TG/DTG) do coproduto da mandioca, utilizando a atmosfera de ar sintético

Etapa	Intervalo (°C)	Perda de massa
1	31 – 126	11,68
2	126 – 363	63,31
3	363 – 521	24,61
Resíduo	>> 521	1,40

7.5.5.2 Análise térmica diferencial (DTA) do coproduto da mandioca

7.5.5.2.1 Curva de DTA do coproduto da mandioca

A curva DTA do coproduto da mandioca apresentou três transições, a primeira endotérmica no intervalo de temperatura de 32 – 145°C (temperatura de pico 61°C) atribuída a desidratação, as outras duas transições são exotérmicas nos intervalos de temperatura de 261 – 384°C (temperatura de pico 331°C) e 384 – 529°C (temperatura de pico 445°C), as quais foram atribuídas a decomposição de carboidratos e proteínas.

A figura 28 apresenta a curva de DTA do coproduto da mandioca.

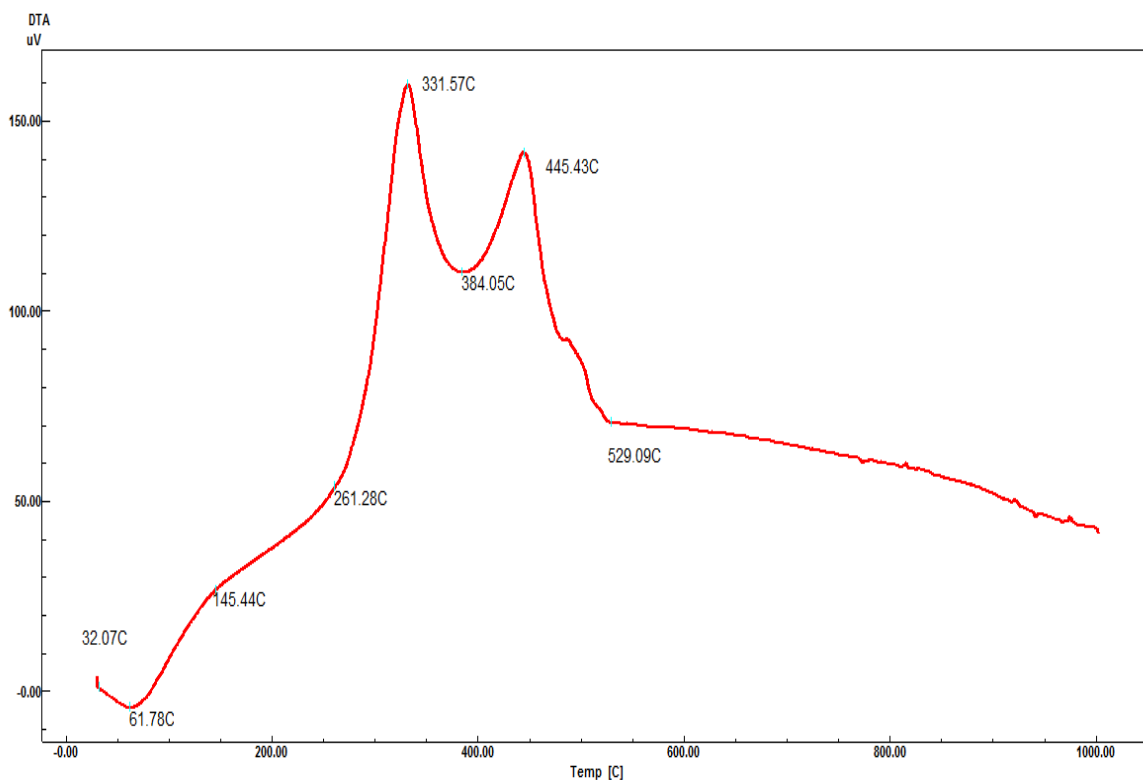


Figura 28: Curva DTA do coproduto da mandioca

Os resultados da análise térmica diferencial (DTA) do coproduto da mandioca (raspa) estão apresentados na Tabela 46.

Tabela 46
Resultados da análise térmica diferencial (DTA) do coproduto da mandioca,
utilizando atmosfera de ar sintético

Transição	Intervalo (°C)	Temperatura de pico (°C)
1	32 – 145	61
2	261 – 384	331
3	384 – 529	445

A primeira transição da análise térmica diferencial (DTA) do coproduto da mandioca, utilizando atmosfera de ar sintético apresentada na tabela 45, apresentou comportamento da curva endotérmico e as duas seguintes transições se comportaram com comportamentos exotérmicos.

7.6 Misturas elaboradas para alimentação animal

Na alimentação diária do animal a exigência em nutrientes e energia é determinada pelo nível de produção, peso corporal, estágio fisiológico e interação com o ambiente. A classificação dos alimentos é dada pelo teor percentual de matéria seca e proteína bruta, teor de nitrogênio digestível total (NDT) e percentual de matéria seca.

Alimento para animal doméstico a base de farelo de mandioca (raspa), torta de algodão, farelo de algodão e outros ingredientes para complementar o valor nutricional da dieta animal.

7.6.1 Suínos

Os resultados das formulações das misturas alimentícias para nutrir animal suíno estão apresentados na Tabela 47.

Tabela 47
Mistura alimentícia para nutrir animal da raça Suína

Mistura	Peso corpóreo (Kg)	Insumo alimentar da preparação	Proporção (%)
1	35 a 60	Farelo de mandioca	66,40
		Torta ou farelo de algodão	27,00
		Óleo de milho	3,80
		Fosfato dicálcico	2,00
		Sal comum	0,50
		Metionina	0,20
		Suplemento mineral vitamínico	0,15
2	60 a 90	Farelo de mandioca	67,80
		Torta ou farelo de algodão	25,55
		Óleo de milho	3,80
		Fosfato dicálcico	2,00
		Sal comum	0,50
		Metionina	0,20
		Suplemento mineral vitamínico	0,15
3	-	Farelo de mandioca	23,65
		Torta ou farelo de algodão	38,00
		Farelo de milho	33,00
		Óleo de milho	2,55
		Fosfato dicálcico	2,00
		Sal comum	0,50
		Metionina	0,15
		Suplemento mineral vitamínico	0,15

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

Os parâmetros da base de cálculo das misturas alimentícias para a nutrição animal estão apresentados nos Anexos 1 e 2.

7.6.2 Aves

Os resultados das formulações das misturas alimentícias para nutrir Aves estão apresentados na Tabela 48.

Tabela 48
Mistura alimentícia destinada para a nutrição de aves

Mistura	Valor nutritivo	Insumo alimentar da preparação	Proporção (%)
1	Calórico	Farelo de mandioca	45,00
		Farelo de soja tostado	28,80
		Milho triturado	17,40
		Farinha de carne	8,00
		Premix	0,20
		Sal comum	0,40
		Metionina	0,20
2	Calórico	Farelo de mandioca	50
		Parte aérea da mandioca	20
		Farinha de carne	30

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

Com base nos dados das tabelas 47 e 48 e dados dos anexos 1 e 2 foi possível calcular o valor da energia metabolizável para os alimentos necessários para nutrir Suínos e Aves.

7.6.3 Bovinos (matriz, em lactação)

Para um animal bovino (vaca leiteira) de peso vivo de 600 kg a variação das exigências para energia e proteína é dada em três etapas: início da lactação, o incremento na produção é maior que a ingestão de alimentos, implicando na diminuição do balanço energético e consequente, perda de peso do animal. Nesta etapa se recomenda 73% NDT (nutrientes digestíveis totais) e 19% de proteínas. Na fase intermediária, para atingir a produção de 30 kg de leite por dia são necessários o consumo de 71% NDT e 16% de proteínas. E, na última fase com a produção de leite de 20 kg/leite/dia é necessário o consumo de 67% de NDT e 15% de proteína bruta.

Com o aumento da densidade energética aumenta a quantidade de energia fermentável para os microrganismos do rúmen se multiplicar e assim aumentar a demanda de nitrogênio disponível no rúmen (proteína degradável no rúmen).

A tabela 49 apresenta as formulações das misturas alimentícias para nutrir animal bovino, matriz lactante.

Tabela 49
Mistura alimentícia para nutrir animal bovino (matriz, em lactação)

Mistura	Valor nutritivo	Insumo alimentar da preparação	Proporção (%)
1	Calórico	Farelo de mandioca	35
		Torta ou farelo de algodão	25
		Farelo de arroz	20
		Farelo de trigo	20
2	Calórico	Farelo de mandioca	50
		Torta ou farelo de algodão	34
		Farelinho de arroz (querela)	16
3	Calórico	Farelo de mandioca	50
		Torta ou farelo de algodão	33
		Farelinho de trigo	17
4	Protéico	Torta ou farelo de algodão	40
		Farelo de trigo	30
		Farelo de mandioca	20
		Farelo de milho	10
5	Protéico	Torta ou farelo de algodão	53,5
		Farelo de mandioca	33,5
		Farelo de milho	11,0
		Fosfato dicálcico	1,0
		Sal comum	1,0

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

A composição da mistura alimentícia a fornecer ao animal varia conforme a qualidade e a quantidade do material volumoso a ser administrado na dieta.

Para animais que produzem menos de cinco quilos ou cinco litros de leite não se deve fornecer a mistura alimentícia nº5 de valor nutritivo protéico.

Entre os animais ruminantes o bovino (matriz leiteira) é a categoria que apresenta o maior grau de exigência, necessitando de dietas com altos valores nutricionais. A exploração leiteira consiste numa atividade de converter recursos alimentares em leite, cujo valor agregado é superior à matéria prima original.

7.6.4 Bovino jovem (bezerro)

A tabela 50 apresenta as formulações das misturas alimentícias elaboradas para nutrir bezerro.

Tabela 50
Mistura alimentícia destinada para a nutrição de bovino jovem (bezerro)

Mistura	Valor nutritivo	Insumo alimentar da preparação	Proporção
1*	Calórico	Farelo de mandioca Leite desnatado	40,0 g 1,0 L
			Proporção (%)
2	Protéico	Farelo de mandioca Torta ou farelo de algodão Farinha de osso Sal comum	50,0 43,0 6,0 1,0

Fonte: (Elaboração própria, 2012). * - Complementar a dieta com macro e micro nutrientes (silagem e/ou pastagem).

7.6.5 Novilho

A tabela 51 apresenta as formulações alimentícias para nutrir animal novilho (de corte).

Tabela 51
Mistura alimentícia destinada para a nutrição de novilho (corte)

Mistura	Valor nutritivo	Insumo alimentar da preparação	Proporção (%)
1	Calórico	Farelo de mandioca Farelo de trigo Torta ou farelo de algodão Farelo de soja	45 40 10 5,0
2	Calórico	Farelo de mandioca Torta ou farelo de algodão Farelo de parte aérea	50 30 20
3	Calórico	Farelo de mandioca Torta ou farelo de algodão Farelinho de trigo	40 40 20
4	Calórico	Farelo de mandioca Torta ou farelo de algodão Farelo de parte aérea	50 25 25
5	Calórico	Farelo de mandioca Ureia	90 10

Fonte: (Elaboração própria, 2012)

7.6.6 Caprinos e Ovinos

Os alimentos preparados destinados para novilhos e bovinos jovens (bezerros) sevem para alimentar os animais caprinos e ovinos de modo geral, na proporção de 0,1 a 0,6 kg/cabeça/dia, além do alimento volumoso.

As preparações alimentícias para bovino (matriz, em lactação) das misturas alimentícias da Tabela 48, podem ser fornecidas para alimentar as fêmeas de caprinos (em lactação), na quantidade de 0,3 a 0,6 kg/cabeça/dia.

7.7 Avaliação da mistura alimentícia elaborada

Os ensaios realizados com os coprodutos de mandioca (raspa) e farelo (torta) de algodão originaram diversas misturas de alimentos nutritivos, denominados por misturas balanceadas para alimentação animal ou insumo alimentar animal. Esses alimentos foram produzidos com meta de incorporação na dieta de animais domésticos de pequeno, médio e grande porte, criados no campo da região nordestina, que há muito tempo vêm sofrendo com a falta alimento nutritivo, devido à escassez de água.

Quando falamos em exigência nutricional de um animal entendemos que se refere à quantidade mínima de um determinado nutriente, que deve ser fornecido para satisfazer suas necessidades de manutenção e produção. As exigências nutricionais dos animais variam de acordo com o potencial genético, idade, sexo, peso e a fase produtiva em que se encontram. Na nutrição dos suínos, deve ser levada em conta esta diferença, para se obter a máxima eficiência produtiva tão almejada.

O pecuarista deve elaborar a mistura alimentar usando a matéria prima que possui na propriedade, observando a sua disponibilidade, bem como, a época de maior produção da plantação (safra), de forma que execute o aproveitamento destes produtos com reduzido custo na preparação da mistura calculada do alimento. A tabela de composição química dos alimentos e valores energéticos para aves e suínos proposta por ROSTAGNO et. al., 2011 (Anexo 2), fornece a base de cálculo dos resultados nutricionais obtidos, a qual é necessária para elaboração de uma mistura alimentar balanceada.

O adequado manuseio e aproveitamento destes coprodutos devem ser realizados de forma que produzam materiais nutritivos, que possam ser utilizados como insumos alimentares para produção de refeição concentrada para animal. Estes coprodutos beneficiados adequadamente quando enriquecidos com outros coprodutos originados de

diferentes cultivares vão gerar misturas alimentícias enriquecidas com nutriente suplementares, denominadas de misturas alimentícias balanceadas ou concentradas. Estes por sua vez, vão agregar valores ao homem do campo. Desta forma, este esforço gera sustentabilidade dos cultivares e da agricultura familiar.

A preparação sustentável da alimentação animal se faz necessário, para dá destino aos coprodutos originados do aumento da produção do biocombustível gerada nas indústrias. O não aproveitamento deste coproduto, de forma imediata, pode acarretar a deterioração deste insumo, bem como, a contaminação do Meio Ambiente.

Os ingredientes utilizados nas formulações das misturas, necessários para a composição dos diversos alimentos concentrados balanceados aplicados como insumo alimentar animal, foram adquiridos na mesma região, o que fez reduzir os custos finais dos produtos acabados.

As misturas com insumos alimentícios para animal foram elaboradas com técnicas dietéticas de fácil preparação, utilizando matéria prima da região nordestina. Esta técnica de preparação pode ser reproduzida com grande facilidade pelo homem do campo. Não necessitando para a sua confecção de aparato tecnológico de custo elevado.

Os instrumentos utilizados na preparação da mistura alimentícia animal foram: secador de túnel/cabine de convecção forçada, peneira (malha de aço), máquina forrageira, moinho de martelos, liquidificador industrial e misturador mecânico.

Para ilustra esta pesquisa foi escolhida uma formulação de mistura alimentícia elaborada com coproduto da obtenção de biocombustível (biodiesel), para aplicação experimental prática com animais (matrizes, em lactação) em regime de semi-confinamento, tendo atingido os resultados apresentados no item 7.8 desta pesquisa.

7.8 Resultado experimental de uma das misturas administradas para bovinos (matriz, em lactação)

Segundo Orskov (1982), conhecer a natureza protéica da dieta é importante para melhorar o desempenho dos ruminantes.

Neste experimento se utilizou a mistura alimentícia, cuja composição química dos ingredientes aplicados para bovino (matriz, em lactação) se encontra na Tabela 52.

Tabela 52
Composição química dos ingredientes da mistura alimentícia elaborada usada no ensaio

Ingredientes	Matéria seca (%)	Proteína bruta (%)	Energia Metabolizada calculada (Mcal/MS) ¹
Farelo de algodão	93,0	44,1	2,82 ¹
Milho	82,0	8,00	3,18 ¹
Silagem milho	32,6	8,80	2,39 ¹
Farelo de trigo	89,0	17,1	2,53 ¹
Farelo de mandioca	87,6	2,47	2,39 ²

¹ NRC (1989; 1996)

² -Rostagno (2011)

A dieta foi aplicada para seis animais (bovinos, em lactação), sendo fornecida em duas refeições diárias. Na primeira, pela manhã, foi administrado à metade da mistura total elaborada (tabela 49). Na segunda refeição, no período da tarde, foi distribuído o restante do alimento. Após a alimentação não foi observado sobras do alimento fornecido. O semi-confinamento teve a duração de noventa dias, após o período pré-experimental de quinze dias, que serviu para adaptação dos animais a esta nova condição. A proporção do volumoso (63): concentrado (37) foi mantida durante o experimento.

Em muitas situações alimentares, o nitrogênio que atinge o intestino é, em grande parte, de origem microbiana, portanto, o crescimento microbiano tem grande influência na utilização da proteína pelos ruminantes. A fonte de nitrogênio que é utilizada pelos microrganismos do rúmen para a síntese de proteína é composta tanto da proteína dietética, como do nitrogênio reciclado no rúmen. De acordo com NRC (1996), a quantidade de proteína degradável no rúmen é de 850 g/cabeça/dia, para animal Nelore de 300 a 450 kg de peso vivo. As misturas alimentícias com farelo de algodão satisfazem o requerimento em proteína degradável, quando fornecidas aos animais, sem excessos.

Neste ensaio a quantidade de proteína administrada ao plantel foi de 833 g/cabeça/dia, tendo o mesmo sido composto por seis animais bovino em lactação.

Os índices de conversão alimentar encontrados na literatura são distintos em razão das diversas variáveis dos ensaios, como: idade dos animais, período experimental, raça, sexo e alimentação administrada.

Segundo Seixas et al., (1999), a evolução do peso vivo diário do animal, para fins de avaliação do percentual de ganho de peso, deve ser acompanhada diariamente. A forma de avaliação dos animais (portes físicos entre 400 – 550 Kg) deste ensaio foi realizada pela compilação do volume de leite produzido e desempenho físico das carcaças das matrizes e de suas crias.

7.9 ANÁLISES DOS ASPECTOS: AMBIENTAL, SOCIAL, TÉCNICO E ECONÔMICO

O estudo auxilia na compreensão dos aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos. Contribui para a valorização do desempenho da agricultura familiar, na visão do homem do campo sofrido, que há muito tempo vem passando dificuldades, pela falta de água na sua propriedade, pela mão de obra não qualificada e pelos baixos índices de ofertas de empregos. Necessitando de apoio técnico e financeiro para seguir com os trabalhos agrícolas digno de um agricultor, com o fim de obter renda suficiente para a sobrevivência da família na terra.

Alguns aspectos com desenvolvimento deste trabalho foram considerados relevantes para permanência do homem na agricultura familiar, com desenvolvimento e sustentabilidade. Portanto, os resultados estão direcionados na linha do horizonte de quatro aspectos representativos, a saber:

a) Aspecto ambiental - diz respeito à promoção da melhoria de vida ao homem do campo, de sua família e não deixa passivo ambiental. O passivo ambiental compreende as obrigações que todos nós temos para controlar, como exemplo: destinações adequadas dos resíduos, rejeitos, poeiras, esgotos, lixo (urbanos e hospitalares) e recuperações dos ambientes degradados por ação do homem e das intempéries.

Quanto ao aspecto ambiental esta pesquisa trouxe as seguintes vantagens:

- ✓ diminuição das emissões de gases de efeito estufa, prejudicial à saúde dos seres vivos, pelo emprego do combustível renovável;
- ✓ melhoria da “qualidade de vida” da comunidade pelo valor agregado do coproduto transformado em produto acabado. Exemplo: esterco misturado à glicerina, torta de algodão mais farinha de mandioca (insumo alimentar animal);
- ✓ emprego do coproduto dentro do prazo de validade, antes não aproveitado e descartado ao meio ambiente, sem o devido tratamento prévio;
- ✓ melhoria da qualidade ambiental, pela transformações dos coprodutos orgânicos antes descartados a céu aberto;
- ✓ beneficiamentos de alguns coprodutos, gerando novos coprodutos, tais como:
 - manipueira (água de lavagem da massa da mandioca brava) em biofertilizante;
 - ramas de vegetais transformados em silagem, alimento volumoso e adubo orgânico;
 - coproduto da mandioca (raspa) em alimento animal; valor nutritivo energético;
 - coproduto de algodão (torta) em alimento animal; valor nutritivo protéico.

b) Aspecto social

Quanto ao aspecto social esta pesquisa foi conduzida, trazendo oportunidade rentável, com sustentabilidade ambiental e social, contribuindo para a valorização da mão de obra pela oferta de novos postos de trabalhos e promoção do desenvolvimento da região pela melhoria econômica da localidade.

Os aspectos sociais podem ser mensurados quando há:

- ✓ valorização da mão de obra do campo;
- ✓ promoção do bem estar social;
- ✓ novas tecnologias, ofertas de emprego e renda;
- ✓ aquisição de bem de consumo, anteriormente impossível de ser adquirido pelo baixo poder econômico;
- ✓ retenção do homem no campo, sem a desvalorização da propriedade (êxodo rural);
- ✓ contribuição agrária com atividade lucrativa e permanência da família na terra.

c) Aspecto técnico

O aspecto técnico diz respeito:

- ✓ ação tecnológica já existente, mas ainda sem o domínio do homem do campo;
- ✓ aprendizado tecnológico acessível ao homem do campo;
- ✓ aberturas para novos desenvolvimentos de produtos e processos;
- ✓ incentivos técnico e financeiro para implantação de processos tecnológicos agrários.

d) Aspecto econômico

Produção de insumo alimentício animal partindo de coprodutos, agregando valor econômico por possuir valor nutritivo energético e/ou protéico.

- ✓ melhoria do padrão genético animal e distribuição de renda;
- ✓ produção de nutriente para animal doméstico, partindo de coprodutos de baixo valor aquisitivo;
- ✓ produção de biogás, partindo de esterco animal e coproduto da extração de biodiesel (glicerina), com valor agregado para o homem do campo.

8.0 CONCLUSÕES

As tortas, farelos de algodão (fonte protéica) e farelo/raspa de mandioca (fonte energética), respectivamente, originados da produção biocombustível (biodiesel e etanol) apresentaram:

➤ Características nutricionais adequadas para inclusão na dieta de animais domésticos: aves, suínos, caprinos, ovinos e bovinos, entretanto cuidados especiais devem ser observados quanto:

a) Ao efeito de toxicidade do gossipol, presente na semente de algodão e do conteúdo de ácido cianeto (HCN) constante na raspa da mandioca brava. Estas substâncias tóxicas devem ser extraídas das matérias primas (coprodutos), antes das suas administrações aos animais, pois quando ingeridos podem provocar a morte dos indivíduos;

b) Aos possíveis efeitos deletérios, devido à presença de metabólitos bioativos em alguns materiais presentes nas principais matérias primas oleaginosas.

c) A incorporação de tortas de algodão (com elevado teor de ácidos graxos) nas dietas de ruminantes pode auxiliar na mitigação de metano entérico;

➤ As misturas alimentícias elaboradas com semente de algodão (torta), com teores médios de carboidratos (50%), proteína bruta (24%), material mineral (4%), extrato etéreo (12%) e farelo de mandioca com teores de carboidratos (77,3%), proteína bruta (5,2%), material mineral (2,2%) e extrato etéreo (1,1%) satisfazem sem excessos o requerimento em proteína degradável do animal, tendo mostrado os resultados nutricionais satisfatórios;

➤ O experimento quatro realizado com a mistura elaborada para nutrir animal da raça bovino (matriz, em lactação), apresentou o aumento na produção de leite, em 20%, bem como, melhoria do desempenho físico das carcaças das matrizes e de suas crias;

➤ A produção da espécie oleaginosa (*Gossypium hirsutum* L.) pode contribuir com o sequestro de carbono pelos solos do nordeste brasileiro, na recuperação de pastagens, reduzindo a necessidade de desmatamentos das florestas.

8.1 Sugestões de trabalhos futuros

✓ Levantamentos dos índices toxicológicos prévios dos coprodutos de origem da mandioca e do algodão, antes da incorporação na mistura alimentar animal;

✓ Administrar nas dietas dos animais das categorias analisadas as misturas alimentícias calculadas nesta pesquisa, colhendo informações de ganho de peso corpóreo, desempenho físico da carcaça e produtividade leiteira do animal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. O.; LEDO, C. A. S. Um caso mais que perverso das elasticidades. *Informe GEPEC*, Toledo, v.8, n.2, p.85-106, 2004.
- ALVES, H. S.; CAMARGO FILHO, W. P. Produção e mercado de mandioca: a análise de preços ao produtor. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.34, p.9-64, 2004.
- AMANTE, E. R. *Proposições metodológicas para minimização de resíduos de fecularias e das indústrias processadoras de aves, suínos e pescados do estado de Santa Catarina*, Tese de doutorado, UFSC, 1997.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. *Dados estatísticos* Brasília. Disponível em www.anp.gov.br. Acesso, em: 01/03/2005.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustível. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 01/09/2008.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGROENERGIA, 2010.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 27th Ed., Washington, D. C., 1993.
- AOCS - American Oil Chemists Society (AOCS), Oil stability index. In Firestone, D (Ed) *Official methods and recommended practices*, 5th Ed. Press, Champaign, Method Cd 12b-92, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS/Adaptado pelo Dep. Economia FAPESP, ad.
- ABAM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. *Álcool de mandioca? Por que?*, 2007. Disponível em <http://abam.com.br/revista;revista14/alcool.php>. Acesso, em: 05/02/2010.
- BAIRD, C. *Química ambiental*, tradução da 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BANNAYAN, M.; KOBAYASHI, K.; KIM, H.; MARK, L.; OKADA, M.; MIURA, S. Modiling the interactive effects of atmosfheric CO₂ and N on rice growth and yield. *Field Crops Reserarch*, v.93, p.237 – 251, 2005.
- BARAL, A.; GUHA, G. S. Trees for carbon sequestration or fossil fuel substitution: the issue of cost vs. carbon benefit. *Biomass and Bioenergy*, v.27, p.51-55, 2004.
- BELTRÃO, N. E. M. *O Agronegócio do Algodão no Brasil*, EMBRAPA, Campina Grande, 1999.

BERENCHTEIN, B. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univ. de São Paulo, Piracicaba, 45p, 2008.

BERNAL, J. Efecto de la inclusión de glycerol o aceite vegetal a dietas com melaza para suínos e aves em crecimiento. Vet. Mex. v. 3, 1978, p. 91 - 94.

BILGEN, S.; KELES, S.; KAYGUSUZ, A; SARI, A.; KAYGUSUZ, K. Renew. Sust. Energ. Ver. DO/10.1016j.rser., 2006.

BIODIESELBR, Biodiesel começa a ser comercializado no DF. Biodiesel online, dez. de 2006. Disponível em <http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/biodiesel-começa-a-ser-comercializado131206.htm>. Acesso, em: 08/03/2008.

BIODIESELBR. Câmara Setorial do Biodiesel aprova documento a favor do novo marco. Biodieselbr.com online 31 de março de 2014. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/politica/camada-setorial-do-biodiesel-aprova-documento-a-favor-do-novo-marco.310314.htm>. Acesso, em: 15/04/2014.

BIODIESELBR. Empresa quer transformar Glicerina em fonte de óleo para o biodiesel. Biodieselbr.com online abril de 2014. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/empresa-transformar-glicerina-fonte-oleos-biodiesel-040414.htm>. Acesso, em: 15/04/2014.

BOCCARDO, R. C. Panorama atual do biodiesel. Curitiba, CEFET, Paraná, monografia, 2004.

BNDES. Documento de base para discussão sobre um programa de ampliação da produção de álcool no Brasil com vista à exportação, (Brasília 07/2003). Disponível em: http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminário/álcool_discussão.pdf. Acesso em: 14/06/2011.

BRASIL. Ministério da Ciência & Tecnologia. Plano Nacional Agroenergia. Brasília, 2005, 129p.

BRASIL. Ministério da Agricultura – *Regulamento nº 482*. RDC - Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais. Brasília, 23, 1999.

BUARQUE, C. Avaliação econômica de projetos. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

BITRAGO, A. J. A. *La yucca un la alimentación animal*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Cali., 446p, 1990.

CALDAS, R. A. et al. *Agronegócios brasileiro: Ciência, Tecnologia e Competitividade*. 3. Ed. Brasília: CNPq, 1998.

CABELLO, C. Produção de álcool da mandioca. Botucatu, 3p., 2005.

CHALUPA, W. *Problems in feed urea to ruminants*. J. Anim. Sci., 27:207, 1968.

CAMARGO, C. E. D. Mandioca. In: Camargo, C. E. D. (Org). *Manual Brasil Agrícola: principais produtos*. São Paulo: Icone, p. 9-64, 1986.

CAMARGO FILHO, W. P.; ALVES, H. S. Produção e mercado de mandioca: a análise de preços ao produtor. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.34, p.9-64, 2004.

CAMPOS, O. F., RODRIGUES, A. A. *Uréia para bovino em crescimento*. EMBRAPA/CNPGL, 42p., 1985.

CARCAILLET, C.; ALMQUIST, H.; ASNONG, H.; BRADSHAW, R. H. W.; ARRIÓN, J. S.; GAILLARD, M.; GAJEWSKI, K.; HAAS, J. N.; HABERLE, S. G.; HADORN, P. *Holocene biomass burning and global dynamics of carbon cycle* *Chemosphere*. v. 49, 845p., 2002.

CARDOSO, E. *Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo de Milho: avaliação no efeito do solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho*. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2005.

CARRASCO, F. *Termochimica Acta*, 213 (1993) 115.

CARVALHO, J. L. N. de; PEREIRA, E. A.; COSTA, I. R. S. Parte aérea da mandioca na alimentação animal II. O farelo da parte aérea da mandioca na silagem do capim-elefante. Planaltina. EMBRAPA-CPAC, (EMBRAPA – CPAC, Comunicado técnico, 30), 1983.

CCASANOVA, M. D. Biocombustíveis: análise de viabilidade econômica da implantação de microdestilarias de etanol no Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia Química, UFRG, Trabalho de Diplomação, 55p. 2011.

CAVALHEIRO, E. T. G.; IONASHIRO, M.; BREVIGLIERI, S. T.; MARINO, G.; CHIERICE, G. O. *Química Nova*, 18(3):305, 1995.

CEREDA, M. P. (coord.): *Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca*. v.4, São Paulo: Fundação Cargill, p.13-17, 2001.

CEREDA, M. P.; CAETANO, A. *Avaliação de Parâmetros de Qualidade da Fécula Fermentada de Mandioca*. Revista Brasileira de Mandioca. Cruz das Almas. v.5, n.1, p.55-62, 1986.

CERQUEIRA LEITE, R. *Report for the IUPAP working group on energy – Energy from biomass*. Campinas: NIPE/Unicamp, 2005. (CEREDA, M. P. - Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca).

CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z.; COTO, C.; SACAKLI, P.; WALDROUP, P. W. *Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers*. International Journal of Poultry Science, Faisalabad, v.5, n.11, p.1001-1007, 2006.

CEOTTO, E. The issues of energy and carbon cycle: new perspectives for assessing the environmental impact of animal waste utilization as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, Faisalabad, v.5, n.11, 2005, p.1001-1007.

CONCEIÇÃO, M. M. *Estudo termoanalítico e cinético do milho e derivados*. Dissertação de Mestrado, UFPB, CCEN, Programa de Pós-graduação em Química, 2000.

DANTAS, H. J.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M. *Estudo termoanalítico, cinético e reológico de biodiesel derivado do óleo de algodão (Gossypium hirsutum)*. UFPB, CCEN, DQ, Programa de Pós-graduação em Química, Dissertação de Mestrado, 2006.

DAUGHERTY, D. A., CHURCH, D. C. In vivo and in vitro *Rev. bras. zootec.* 438. Evaluation of feather and hair meals in combination with urea for ruminants. *J. Anim. Sci.*, 53:345, 1982.

DASARI, M. Crude glycerol potencial described. *Feedstuffs*. p.16 – 19, 2007.

DOE/USDA – United States Department of Agriculture. Publicação eletrônica. An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles. 47p. Disponível em <<http://usda.gov.br>, Acesso, em: 22/10/2010.

DORIAN, J. P., FRANSSEEN, H. T., SIMBECK, D. R. Global Challenges in energy. *Energy Policy*. v. 34, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em www.cnpso.embrapa.br/noticia/ver_noticia.php? Acesso em: 27/04/2011.

ENCINAR, J. M.; GONZÁLEZ, J. F.; RODRIGUES, J. J.; TEJEDOR, A. *Energy Fuels*, v.16, p.443- 448, 2002.

FERRARI, A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em geradores de energia. *Química Nova*, v.28, n.1, p.19-23, 2005.

FUKUDA, H.; KONDO, A.; NODA, H.; J. Review: Biodiesel Fuel Production by transesterification of Oils. *Journal of bioscience and bioengineering*, v. 92, n.5, p.405-416, 1991.

FRANCO, G. *Tabela de Composição Química dos Alimentos*. 8ª edição, Ateneu: Rio de Janeiro, 230p. 2008.

GABARDO, M. T. *Diagnóstico ambiental: disposição no solo de efluentes líquidos das indústrias de beneficiamento de mandioca no Paraná*. Curitiba/PR, 1981.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; LUCON, O. How adequate policies can push renewables. *Energy Policy*, v. 32, p. 1141-1146, 2005.

GUSMÃO, L. L.; MENDES NETO, J. A.; SILVA, M. N. *Avaliação participativa de sete variedades de macaxeira em São Luis – MA*. *Revista da FZVA*, Uruguaiana, v.13, n.2, p.1-9, 2006.

HELMER, L.G. Feed processing - *Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization in vitro*. *J. Dairy Sci.*,53:330, 1970.

HENRIQUES JUNIOR, M. F. *Potencial de redução de emissão de gases de efeito estufa pelo uso de energia no setor industrial brasileiro*. Tese de Doutorado, Programa de Planejamento Energético. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

HESS, M. L. *Tratamento de despejos de fecularias de mandioca por oxidação biológica*. São Paulo: rev. D. A. E., p.29-35, 1962.

HOPPE, S.; SHIKIDA, P. F. A.; SILVA, J. R. Análise Econômico-Financeira da Implantação de uma destilaria para produção de Álcool Carburante a partir da Mandioca. URBE, *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 1, n.2, (jul.-dez.), p.245-257, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ; Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos. v. 1, 8ª. Edição, São Paulo, I. A. L., 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Produção agrícola. 2003. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>.Acessado em: 16/12/2009.

IBGE, 2004; IBGE, 2008; IBGE (2005- 2007); IBGE, 2010;

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL – IPARDES, Arranjo produtivo local da mandioca da região de Paranavai - Landa: nota técnica. Curitiba: IPARDES, 2006.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World oil supply and demand, 2005. Disponível: <http://omrpublic.iaea.org/omrarchive/11mar05tab>, Acesso em: 01/09/2010.

IPCC-WGI. *Contribuição do Grupo de Trabalho I ao 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima*. Sumário para Fornecedores de Políticas, Paris, p.25., fev.2007.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. 1993. Disponível em: www.iupac.org. Acesso em: 28/05/2010.

KEATTCH, C. J.; DOLLIMORE, D. *An introduction to thermogravimetry*, 2 ed. Heyden & Sons Ltd, London, 1975.

KNOTHE, G.; STEIDLEY, K. R. Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel*, v.9, p.1059-1065, 2005.

KNOTHE, G. et al. *Manual do Biodiesel*. Traduzido do original “The Biodiesel Handbook” por Luiz Pereira Ramos, São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

KOHEL, R.J. Cotton. In: ROBBELEN, G.; DOWNEY, R. K.; ASHRI, A. (Eds). *Oil crops of the world*. New York: McGraw- Hill Publishing Company, p. 404 – 415, 1989.

JUNIOR, A. F. *Caracterização de Indústria de Farinha de Mandioca*. São Paulo: Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico – CETESB, 1994.

LANA, R. P. *Sistema Viçosa de Formulação de Rações*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 60p., 2000.

LIMA, J. W. C. *Análise Ambiental do Processo Produtivo de Polvilho em Indústria do Extremo Sul de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado em Eng. de Produção. Florianópolis: UFSC, 2001.

LUCENA, T. K. *O Biodiesel na Matriz Energética Brasileira*. Monografia apresentada ao Curso de Economia da UFRJ, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2004.

MACEDO, I. C. (Org.) *A energia da cana-de-açúcar – Doze estados sobre agroindústria de cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade*. São Paulo. Ed. Berlendis & Vertecchia, 2005.

MACKENZIE, R. C. *Thermochimica Acta*, 92:3, 1984.

MAYNARD, L. A., LOOSLI, J. K, HINTE, H. F. et al. *Animal nutrition*, 7.ed. New York: McGraw - Hill, 602p., 1979.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Anuário Estatístico da Agroenergia 2010. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html. Acesso em 01/09/11.

MARIM, W. C. *Análise de alternativas de investimento: uma abordagem financeira*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 43p., 1980.

MARQUES, J. A.; CALDAS NETO, S. F. *Mandioca na alimentação Animal: Parte Aérea e Raiz*. Campo Mourão, PR. CIES, 28p, 2002.

MARQUES, J. A.; MAGGIONI, D. Utilização dos subprodutos da Mandioca na Alimentação de Ruminantes, UFRB, UEM (PPZ), 2009, p.183-198. Disponível em www.cerat.unesp.br/home/compendio/palestra: palestra. Acesso em: set. 2013.

MAROUN, M. R. *Uma proposta de documento de concepção de Projeto (DCP) no âmbito do mecanismo de Desenvolvimento Limpo*. Tese de mestrado: PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 202p., 2007.

MCHENDRY, P. Energy production from biomass (part. 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*. v. 83, p.37- 46, 2002.

MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 10, 2006, p. 248-268.

MENTEN, J. F. M.; PEREIRA, P. W. Z.; RACANICCI, A. M. C. Avaliação da glicerina proveniente do biodiesel como ingrediente para rações de frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia, 2008, Santos. Anais Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008, p.66, 2008.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional, 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_htm. Acesso em: 20/03/2011.

MORETTO, E; FETT, R. *Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais Na Indústria de Alimentos*. São Paulo: Varela, 159p, 1998.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*.

Washington: National Academy of Science, 157p. 1989.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirement of dairy cattle*. Washington: National Academy of Science, 242 p., 1996.

NOGUEIRA, E. Análise de Investimentos. In: BATALHA, M. (Coord.) Gestão agroindustrial. São Paulo: Atlas, p. 223-288, 1999.

NOGUEIRA, L. A. H. *Bioenergias e sustentabilidade nexos e métodos*. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, L. B. Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e abatimento de gases do efeito estufa. Rio de Janeiro. Programa Planejamento Energético da UFRJ. Dissertação de Mestrado, 2001.

OLIVEIRA, L. B.; MUYLEAERT, M. S.; ROSA, L. P.; BARATA, M.; ROVERE, E. *Renew. Sust. Energ. Ver.* DOI: 10.1016/j.rser., 2006.

ORSKOV, E. R. *Protein nutrition in ruminants*. London: Academic Press, 641p. 1982.

OWENS, F. N., ZINN, R. 1988. *Metabolismo de la proteína en los ruminants*. In: CHURCH, C. D. El ruminante: fisiología digestiva y nutrición . Zaragoza: Acribia, 641p., 1988.

OWENS, F. N., LUSBY, K.S., MIZWICKI, K. et al. *Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies*. J. Anim. Sci., 50(3)527-31, 1980.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T.; VIAN, C. E. F. Análise da competitividade, 2006.

PEREIRA, J. P. Utilização da raspa e resíduos industriais de Mandioca na Alimentação Animal. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v. 13, n.145, p.28-41, 1987.

PETERSON, C. L.; HUSTRULID, T. Carbon cycle for Rapeseed oil Biodiesel Fuels. *Biomass and bioenergy*, v. 14. n.2, p.91-111, 1998.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Biodiesel: An overview, v.16, n.6, 2005, p.1313-1330.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; RESENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A.; ANDRADE, J. B. DE. Produção brasileira de biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Campinas, v. 16, p.1313, 2008.

PLUSKE, J. *Evaluation of glycerine as co-product of biodiesel production for the pig industry*. Subiaco: Pork Co-operative Reserarch Center, 200p. (Supplement), 2007.

RAGHUVANSHI, S. P.; CHAMDRA, A.; RAGHAV, A. K. Carbon dioxide emissions from coal based Power generation in India. *Energy Conversion and Management*, v. 47, p. 427-441, 2006.

RAMOS, L. P. *Química Nova*, 23 (4):120, 2000.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUČEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio - ambiental para o Brasil. *Biotechnology: Ciência e Desenvolvimento*, v. 31, 2003, p.28-37.

RATHMANN, R. BENEDETTI, O.; PLÁ, J. A.; PADULA, A. D. *Biodiesel: uma alternativa Estratégica na matriz energética?*. UFRGS, Departamento de Economia, Departamento de Administração, Porto Alegre, 2006.

REYNOLDS, C. K. *Metabolism of nitrogenous compounds by ruminants liver*. *J. Nutr.*, 122 (6):1251-1255, 1992.

RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L. L.; ROSSI, A. V.; SCHUCHARDT, U. *Química Nova*, v. 30, n. 5, p.1374-1380, 2007.

RIZATO, M. Potencial econômico da produção de álcool de mandioca no norte do Brasil. Artigo apresentado no XIII Congresso Brasileiro da Mandioca, 2009.

ROSTAGNO, H. S. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3. Ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011, 252p

SANTOS, J. C. O. *Estudo termoanálitico e cinético da degradação térmica de óleos e lubrificantes automotivos*. PPQ, UFPB. Tese de Doutorado, 2004.

SAVASTANO, S. *Caroço de algodão na alimentação bovina*. Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – Governo do Estado de São Paulo. Divisão de Extensão Rural (Dextru), 2007. Disponível em:http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/bovinocultura/caroco_algodao.php. Acesso em 08.07.2014.

SEIFFERT, N. F. Alimentação do rebanho de corte em época seca. *Informe Agropecuário*, v.8, n.89, p.20 – 27, 1982.

Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. *Diagnóstico da cadeia produtiva agroindustrial da mandioca*: Mato Grosso. Cuiabá: SEBRAE/UNIVAG, 2003.

SHAY, E. G. Diesel fuel from vegetable oils: status and opportunitles. *Biomass and Bioenergy*, v. 4, p.227-242, 1993.

SILVA, C. L. M. *Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol* (dissertação de Mestrado). UNICAMP, Campinas, 2005.

SILVEIRA, J. L.; CARVALHO, J. A.; VILLELA, I. A. C. Combined cycle versus one thousand diesel Power plants: pollutant emissions, ecological efficiency and economic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 56, p.56-64, 2005.

SIMON, A.; SCHWABE, M.; BERGNER, H. *Glycerol supplementation in broiler rations with low crude protein content*. Archives of Animal Nutrition, Berlin, v.50, n.3, p.271-282, 1996.

SOLOMONS, T. W. *Química orgânica 2*, 7 ed. LTC, Rio de Janeiro, 2002.

SOUZA, R. E. *O biodiesel em um contexto histórico mundial e nacional: um estudo do processo produtivo e da viabilidade econômica*. FANORPI, Departamento de Economia. Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas, Santo Antônio da Platina, Paraná, 2007.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Matemática financeira: fundamentos conceito, aplicações*. São Paulo: Atlas, 2008.

SWINGLE, R. S; ARAIZA, A. URIAS, A. R. *Nitrogen utilization by lambs fed wheat straw alone or with supplements containing dried poultry waste, cottonseed meal or urea*. J. Anim. Sci., 45(6):1435-41, 1977. In: Herbage Abstr. Farnham Royal, 48(9):364, (Abstract 3171), 1977.

SZABADVARY, F.; BUZAGH-GERE, E. *Journal of Thermal Analysis*, 15:398, 1979.

TAKAHASHI, M.; CEREDA, M. P. Métodos de avaliação do rendimento de manipueira na produção de metano. In: Congresso Brasileiro de Mandioca. 4. Balneário, Comburiu, 1986.

TAKAHASHI, M.; FAGIOTTO, R. Balanço em Massa de indústria de farinha de Mandioca da Região de Paranavaí. In Congresso Brasileiro de Mandioca, 4, 1990, Londrina, PR, *Anais...* Londrina, 1990.

UNDP. *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 – Combater as Alterações Climáticas: Solidariedade Humana num Mundo dividido*. Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento – PNUD, Ed. Almedina, Coimbra, 2007.

VENTURA, A. P. M. Avaliação Físico-química, toxicológica e da estabilidade térmica do óleo vegetal nhandiroba (*Fevillea trilobata*). UFPB, dissertação, João Pessoa, 2001.

VIEIRA, J. A. *Álcool de Mandioca*. Agroindústria Tarumã Ltda, São Paulo, 2008.

WALTER, A. C. da S. *Viabilidade e perspectivas da cogeração e da geração termoelétrica junto ao setor sucro - alcooleiro*. Tese de Doutorado, FEM - UNICAMP, 1994.

WIHERSAARI, M. Greenhouse gas emissions from final harvest fuel chipproduction in Finland. *Biomass and Bioenergy*, v. 28, p. 435-443, 2005.

WILLIAMSON, G.; PAYNE, W. J. A. La ganaderia en regions tropicales. Barcelona: Blume, p.468, 1975.

ZAGONEL, G. F. Obtenção e caracterização de biocombustível a partir da transesterificação etílica do óleo de soja. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Química da UFPR, Curitiba, 2000.

ZHANG, Y. at al. *Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment*. Bio-resource Technology, v.89, n.1, p.1-16, 2003.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela de composição química de alguns alimentos concentrados

• NA MATÉRIA (base seca)											
ALIMENTO	MS %	NDT %	EM Mcal/kg	Elm Mcal/kg	Elg Mcal/kg	PB %	EE %	MM %	FB %	Ca %	P %
Grão de trigo	89	88	3,18	2,18	1,5	16,0	2,0	1,9	2,9	0,04	0,42
Triguilho	89	71	2,57	1,67	1,06	15,8	3,0	6,1	7,7	0,15	0,39
Farelo de trigo	89	70	2,53	1,63	1,03	17,1	4,4	6,9	11,3	0,13	1,38
Sorgo c/ proteína bruta (<8,0 %)	88	85	3,07	2,09	1,43	7,7	3,0	-	-	0,03	0,32
Sorgo c/ proteína bruta (9,0 – 10,0 %)	87	84	3,04	2,06	1,40	10,0	3,4	2,1	-	0,04	0,34
Sorgo c/ proteína bruta (>8,0 %)	88	83	3,00	2,03	1,37	12,8	2,4	2,1	-	0,04	0,36
Semente de Soja (%)	92	91	3,29	2,27	1,57	42,8	18,8	5,5	5,6	0,27	0,65
Semente de Algodão	92	92	3,47	2,41	1,69	23,9	23,1	4,8	20,6	0,16	0,75
FARELO DE SOJA											
Extração mecânica	90	85	3,07	2,09	1,43	47,0	5,3	6,7	6,6	0,29	0,68
Extração solvente 1	89	84	3,04	2,06	1,40	49,0	1,5	7,3	7,0	0,33	0,71
Extração solvente 2	90	87	3,15	2,15	1,48	55,0	1,0	6,5	3,7	0,29	0,70
FARELO DE CANOLA	91	76	2,75	1,82	1,19	38,2	3,6	-	12,0	0,64	1,03
FARELO DE ALGODÃO											
Extração mecânica	93	78	2,82	1,88	1,24	44,0	5,0	6,6	12,8	0,21	1,16
Extração solvente	91	80	2,89	1,94	1,30	45,0	1,3	7,0	14,1	0,22	1,21
MILHO											
Rolão	82	69	2,50	1,60	1,00	8,0	2,3	5,4	22,86	-	-
MDPS	87	83	3,00	2,03	1,37	9,0	3,7	1,9	9,4	0,07	0,27
Grão	88	90	3,25	2,24	1,55	10,0	4,2	1,3	2,4	0,02	0,35
FARELO DE ARROZ											
Farelo de arroz integral	91	70	2,53	1,63	1,03	14,0	15,1	12,8	12,	0,63	0,35

Fonte: (NRC, 1996), EM – energia metabolizável; Elg - energia líquida para ganho; ELm - energia líquida manutenção

Anexo 2

Tabela de composição química dos alimentos e valores energéticos para aves e suínos

Nutriente (%)	Mandioca integral (%)	Algodão (Torta ou Farelo) (30 %)	Soja (Farelo) (45 %)	Arroz (Farelo) (%)	Milho (Farelo) (21 %)	Milho (Óleo) (%)	Trigo (Farelo) (%)	Trigo (Farelinho) (%)	Carne/Osso (Farinha) (35 %)	Leite Desnatado (pó) (%)
Matéria Seca (MS)	87,67	89,09	88,59	89,30	87,93	99,25	88,00	88,17	92,65	93,93
Proteína Bruta (PB)	2,47	29,80	45,32	13,24	21,10	-	15,52	13,61	35,40	-
Coef. Dig. Proteína Bruta (Aves)	48,00	76,21	91,90	77,67	77,93	-	78,00	86,00	73,00	-
PB Digestível (Aves)	1,14	22,71	41,65	10,28	16,44	-	12,11	11,70	25,84	-
Coef. Dig. Prot. Bruta (Suínos)	36,00	77,00	90,00	74,44	76,40	-	77,40	82,00	69,00	-
PB Digestível (Suínos)	0,87	22,94	40,79	9,86	16,12	-	12,01	11,16	24,43	-
Gordura	0,59	1,28	1,66	14,81	3,44	99,00	3,46	2,11	13,40	0,73
Coef. Dig. Gordura (Aves)	20,00	85,00	50,00	62,00	56,00	95,10	65,00	60,00	47,50	-
Gordura Dig. (Aves)	0,12	1,08	0,83	9,18	1,93	94,15	2,25	1,26	6,37	-
Coef. Dig. Gordura (Suínos)	42,50	75,64	63,00	80,00	76,40	91,80	89,30	70,00	33,50	95,00
Gordura Digestível (Suínos)	0,25	0,96	1,05	11,85	2,63	90,88	3,09	1,47	4,49	0,69
Ácido Linoléico	0,08	0,84	0,67	2,37	1,46	53,40	1,54	0,79	0,37	0,02
Ácido Linolênico	-	-	0,09	0,02	-	0,70	-	-	0,08	-
Amido	67,85	3,00	12,38	22,70	21,53	-	31,35	-	-	-
Fibra Bruta (FB)	5,42	23,09	5,41	7,88	7,62	-	9,66	6,55	-	-
Coef. Dig. FB (Suínos)	64,60	31,85	68,60	39,72	51,25	-	36,08	-	-	-
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	11,75	41,70	13,86	21,30	35,67	-	40,59	18,71	-	-
Coef. Dig. FDN (Suínos)	59,00	43,82	82,60	50,65	55,73	-	50,44	-	-	-
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	4,27	30,79	8,16	12,58	10,90	-	13,85	8,85	-	-
Coef. Dig. FDA (Suínos)	-	47,66	77,71	52,65	58,97	-	52,40	-	-	-

<i>Extrato Não Nitrogenado (ENN)</i>	75,59	29,55	30,29	44,55	49,77	-	54,56	63,15	1,66	51,88
Coef. Dig. ENN (Aves ¹)	93,00	48,00	30,50	67,00	44,00	-	48,30	82,60	-	-
ENN Dig. (Aves) (ENNd)	70,30	14,19	9,24	29,85	21,90	-	26,35	52,16	-	-
<i>Matéria Orgânica (MO)</i>	84,07	83,72	82,69	80,48	81,93	99,25	83,20	85,41	50,46	86,23
Coef. Dig. MO (Suínos)	86,80	52,00	80,40	72,10	68,30	90,00	64,00	81,80	57,74	92,00
MO Dig. (Suínos)	72,97	43,53	66,48	58,03	55,96	89,33	53,25	69,87	29,14	79,33
<i>Material Mineral (MM)</i>	3,60	5,38	5,90	8,82	6,00	-	4,79	2,76	42,19	7,70
Cálcio (Ca)	0,20	0,23	0,24	0,11	0,12	-	0,11	0,12	15,12	1,17
Fósforo (P) Total	0,09	0,88	0,53	1,61	0,75	-	0,99	0,43	7,92	0,68
Fósforo Disponível ¹	0,03	0,29	0,18	0,32	0,25	-	0,33	0,14	7,92	0,68
Coef. Dig. Verd. Fósforo (Suínos)	-	40,6	52,00		41,18	-	55,60	-	63,95	-
Fósforo Dig. Verd. (Suínos)	-	-	0,28	-	0,31	-	0,55	-	5,06	-
Potássio (K)	-	0,36	1,83	1,40	1,12	-	1,03	0,43	0,70	1,47
Sódio (Na)	-	0,59	0,02	0,04	0,11	-	0,02	0,02	0,49	0,41
Cloro (Cl)	-	0,04	0,05	0,06	0,21	-	0,06	-	0,50	0,90
<i>Unidade (Kcal/Kg)</i>										
Energia Bruta	3621	4130	4079	4394	3929	9350	3919	3875	3122	4163
Energia Met. (Aves)	2973	1666	2256	2534	1796	8773	1824	2783	1700	2781
Energia Met. Verd. (Aves)	3192	1768	2486	3143	1895	9250	2119	-	1778	-
Energia Dig. (Suínos)	3048	2222	3425	3179	2700	8580	2551	3141	1803	3805
Energia Met. (Suínos)	3020	1996	3154	3111	2560	8280	2442	3027	1618	3502
Energia Líquida (Suínos)	2394	1061	2014	2384	1778	7341	1746	2083	1120	2341

Fonte: (ROSTAGNO et. al., em 2011)

Dig - digestível

Energia Met. - energia metabolizável

¹ – Valores calculados ou estimados

APÊNDICES

APÊNDICE A

Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem*, instalação do inversor de frequência, ajustes dos sensores de temperaturas e aferição da vazão do ar de secagem.

Inversor	Chave de Força acionada - (↑)				Variável temporal		Dados do Ambiente						Túnel de Secagem						Secador de Cabine					
							T _{amb1} - T(°C) do laboratório de secagem (interior) T _{amb2} - T(°C) do laboratório de secagem (exterior)						Q ₁ - Vazão do ar de secagem T _{1, 2,...5} -Temperatura de secagem (°C)						Q _{2 e 3} - Vazão do ar de secagem T _{6, 7,...9} -Temperatura de secagem (°C)					
Frequência (Hz)	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{bu1}	UR %	T _{amb2}	T _{bu2}	UR %	Q ₁	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	Q ₂	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	Q ₃
3,0	↑	↑	↑	↑	15:40	00	31,0	27,8	78,52	31,0	28,0	79,79	0,5	29,0	29,3	144,8	154,0	121,0	-	-	-	-	-	-
60,0	↑	↑	↑	↑	16:10	30	30,3	27,8	82,70	29,5	26,0	75,99	3,1	28,2	28,4	106,9	100,5	98,6	-	-	-	-	144,6	1,5
52,0	↑	↑	↑	↑	16:40	60	28,8	25,5	76,97	28,5	25,2	76,84	-	27,2	27,2	113,8	106,0	100,8	-	-	-	-	142,6	1,3
52,0	↑	↑	↑	↑	17:10	90	28,0	25,0	78,62	28,5	25,2	76,84	2,5	26,9	26,9	118,6	107,3	101,4	-	-	-	-	-	-
52,0	↑	↑	↑	↑	17:40	120	27,8	24,8	78,54	28,5	25,2	76,84	2,6	26,1	26,1	115,0	103,0	98,8	-	-	-	-	141,9	1,3

Fonte: (Pesquisa direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

*- Experimento I. Convenção: T_{amb1} - T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem); T_{amb2} - T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem); em base seca; T_{bu1} - T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; T_{bu2} - T(°C) ambiente externo ao laboratório de secagem, em base úmida. Var - velocidade do ar de secagem (m/s); UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com três resistências elétricas acionadas; 2) Câmaras de secagens sem alimentação da matéria prima; 3) Isolamento térmico usado na Câmara de secagem: placa de isopor (espessura: 20 mm); 4) Inversor de frequência instalado e ajustado para o ensaio com sucesso; 5) Tempo de operação: 2,0 horas.

APÊNDICE B

Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem**, com aferição das resistências elétricas (calor dissipado na câmara de secagem) e inspeção do isolamento térmico do secador.

Inversor	Chave de Força acionada (↑)				Variável temporal		Dados do Ambiente						Túnel de secagem						Secador de Cabine					
							T _{amb1} - T(°C) do laboratório de secagem (interior) T _{amb2} - T(°C) do laboratório de secagem (exterior)						Q ₁ - Vazão do ar de secagem T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)						Q ₃ - Vazão do ar de secagem T _{6, 7, 9} -Temperatura de secagem (°C)					
Frequência (Hz)	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{bu1}	UR%	T _{amb2}	T _{bu2}	UR%	Q ₁	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	Q ₂	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	Q ₃
60	↑	↑	↑	↑	10:00	0	29,0	25,5	75,76	33,0	27,5	65,86	4,3	28,7	28,7	110,0	100,0	94,4	-	-	-	-	55,4	1,5
52	↑	↑	↑	↑	11:30	120	28,8	25,8	78,95	31,5	27,0	70,79	3,6	27,7	27,8	120,5	108,5	99,0	-	-	-	-	62,7	1,5
50	↑	↑	↑	↑	13:30	150	28,5	26,0	82,19	33,0	29,0	74,46	3,8	27,3	27,4	112,0	103,5	95,8	-	-	-	-	57,8	1,4
40	↑	↑	↑	↑	14:00	180	28,2	25,0	77,37	32,2	27,0	67,09	3,2	27,8	27,9	141,0	121,0	114,5	-	-	-	-	65,0	1,4
30	↑	↑	↑	↑	14:30	210	27,8	25,0	79,89	32,2	27,0	67,09	2,4	27,9	28,0	165,5	138,0	127,0	-	-	-	-	68,1	1,2
20	↑	↑	↑	↑	15:00	240	29,4	27,0	83,16	31,8	27,0	69,18	1,9	27,6	27,7	199,0	150,5	138,5	-	-	-	-	65,4	1,3
10	↑	↑	↑	↑	15:30	270	28,8	26,0	80,28	31,0	26,8	68,02	1,2	27,6	27,7	218,0	172,0	146,5	-	-	-	-	60,9	1,2
5	↑	↑	↑	↑	16:00	300	28,4	26,0	82,84	30,8	26,2	69,82	1,3	27,6	27,7	207,5	192,0	151,5	-	-	-	-	58,1	1,2
3	↑	↑	↑	↑	16:30	330	28,2	26,0	84,14	30,0	26,0	73,07	1,0	27,6	27,7	185,0	169,0	138,0	-	-	-	-	56,3	1,0
0	↑	↑	↑	↑	17:00	360	28,0	26,0	85,47	30,0	26,0	73,07	1,0	27,5	27,6	198,5	184,0	133,0	-	-	-	-	54,4	1,0

Fonte: (Pesquisa direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

** - Experimento II. Convenção: T_{bu1} – T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; T_{bu2} – T(°C) ambiente externa ao laboratório de secagem, em base úmida. Var – velocidade do ar de secagem (m/s); UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com três resistências elétricas acionadas, capacidades de 15 Ω, 25 Ω e 25 Ω; 2) Câmaras de secagens sem a alimentação da matéria prima; 3) Isolamento térmico usado na Câmara de secagem: placa de isopor (espessura: 20 mm); 4) Inversor de frequência instalado e ajustado 5) Tempo de operação (7,0 h).

APÊNDICE C

Padronização do Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem, usando a amostra (semente de algodão), novo tipo de isolante térmico e obstrução do vazamento do ar de secagem.

Inversor	Chave de Força: Acionada - (↑)				Variável Temporal		Dados do Ambiente						Túnel de secagem						Secador de Cabine					
							T _{amb1} - T(°C) do laboratório de secagem (interior)						Q ₁ - Vazão do ar de secagem						Q _{2 e 3} - Vazão do ar de secagem					
							T _{amb2} – T(°C) do laboratório de secagem (exterior)						T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)						T _{6, 7, 9} -Temperatura de secagem (°C)					
Frequência (Hz)	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{bu1}	UR%	T _{amb2}	T _{bu2}	UR%	Q ₁	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	Q ₂	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	Q ₃
60	↑	↑	↑	↑	11:00	0	29,0	26,0	79,03	34,8	28,0	60,01	4,3	28,3	28,4	111,5	99,8	95,6	-	-	-	-	65,6	1,4
50	↑	↑	↑	↑	12:00	60	28,0	24,5	75,29	33,5	27,5	63,41	3,8	27,7	27,8	117,0	105,0	97,5	-	-	-	-	63,5	1,3
40	↑	↑	↑	↑	12:30	90	29,2	28,6	95,62	32,8	27,0	64,08	2,8	27,8	27,9	134,0	121,0	111,5	-	-	-	-	66,3	1,3
30	↑	↑	↑	↑	13:00	120	28,8	28,6	98,52	33,0	27,8	67,54	2,1	28,3	28,4	153,0	133,0	119,5	-	-	-	-	67,1	1,2
20	↑	↑	↑	↑	13:30	150	29,0	28,6	97,06	33,0	27,8	67,54	1,7	28,4	28,4	185,0	163,0	129,0	-	-	-	-	62,9	1,2
10	↑	↑	↑	↑	14:00	180	28,8	28,0	94,15	33,5	28,0	66,15	1,4	28,8	28,9	208,0	178,5	139,5	-	-	-	-	63,3	1,3
3	↑	↑	↑	↑	14:30	210	28,6	28,2	97,04	33,2	30,2	80,54	1,5	28,9	29,0	182,5	167,0	132,0	-	-	-	-	61,3	1,3

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES Convenção: T_{bu1} – T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; T_{bu2} – T(°C) ambiente externa ao laboratório de secagem, em base úmida; UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com três resistências elétricas acionadas, capacidades de 15 Ω, 25 Ω e 25 Ω; 2) Câmara de secagem com alimentação da matéria prima (semente de algodão – 60 kg); 3) Isolamento usado nas Câmaras de secagens: placas de isopor; 4) Inversor de frequência instalado e ajustado; 5) Tempo de operação (3,5 h); 6) Condição ambiental externa (tempo bom). Obs.: Neste ensaio o isolamento térmico (isopor) do Secador de túnel não suportou as temperaturas atingidas do processo de secagem.

APÊNDICE D

Ensaio de Secagem Artificial de semente de algodão, sem linter (80 kg), usando o Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem modificado;

Inversor	Chave de Força desligada - (↓)				Variável temporal	Dados do Ambiente							Túnel de secagem							Secador de Cabine									
								T _{amb1} - T(°c) do laboratório de secagem (interior)							V _{ar1} - Velocidade do ar de secagem							V _{ar1,2 e 3} - Velocidade do ar de secagem							
								T _{amb2} – T(°c) do laboratório de secagem (exterior)							T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)							T _{6, 7, 9} -Temperatura de secagem (°C)							
R2 (25 Ω) e R3 (25 Ω) - acionadas																													
Frequência	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{bu1}	UR%	T _{amb2}	T _{bu2}	UR%	V _{ar1}	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	V _{ar2}	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	V _{ar3}					
60	↓	↓	↓	↓	21:00	0	22	18	68,16	28	27	92,60	4,2	25,0	25,0	81,1	78,0	70,1	4,2	64,8	-	39,5	36,1	4,2					
60	↓	↓	↓	↓	22:00	60	26	18	45,83	28	26	85,47	4,2	26,0	26,0	-	86,7	77,9	4,2	72,1	-	44,3	55,5	4,2					
60	↓	↓	↓	↓	10:00	780	31	22	45,76	30,8	28,5	84,24	4,2	29,7	29,7	86,6	82,4	75,2	4,2	74,1	-	59,5	53,5	4,2					
60	↓	↓	↓	↓	12;15	900	33	28	68,67	34	29	69,19	4,2	34,0	34,0	92,1	88,1	81,4	4,2	75,7	-	54,7	53,5	4,2					

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: T_{bu1} – T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; T_{bu2} – T(°C) ambiente externa ao laboratório de secagem, em base úmida. V_{ar} – velocidade do ar de secagem (m/s); UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com duas resistências elétricas acionadas, capacidade total de 50 Ω; 2) Câmara de secagem com alimentação da matéria prima (semente de algodão, sem linter – 60 kg); 3) Isolamento usado nas Câmaras de secagens: manta térmica (túnel), placa de isopor (cabine) e silicone (nas aberturas internas); 4) Inversor de frequência instalado e ajustado; 5) Tempo de operação (15 h e 15 min.); 6) Condição ambiental externa (tempo bom)

APÊNDICE E

Ensaio de Secagem Artificial de semente de algodão, sem línter (46 kg), usando o Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem.

Inversor	Chave de Força: desligada – (↓)				Variável temporal	Dados do Ambiente								Túnel de secagem								Secador de Cabine					
	T _{amb1} - T(°C) do laboratório de secagem (interior)								V _{ar1} - Velocidade do ar de secagem								V _{ar1, 2 e 3} - Velocidade do ar de secagem										
	T _{amb2} – T(°C) do laboratório de secagem (exterior)								T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)								T _{6, 7, 9} -Temperatura de secagem (°C)										
R2 e R3 - acionadas																											
Frequência (Hz)	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{u1}	UR%	T _{amb2}	T _{u2}	UR%	V _{ar1}	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	V _{ar2}	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	V _{ar3}			
60	↓	↓	↓	↓	13:00	0	34,0	28,0	63,72	35,5	29,8	66,16	4,2	34,9	34,9	69,9	69,0	64,1	4,2	61,9	35,3	42,0	40,0	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	14:00	60	33,0	28,0	68,67	34,0	28,5	66,43	4,2	34,5	34,5	92,8	89,6	85,9	4,2	76,0	49,9	52,1	49,4	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	16:00	180	33,0	28,0	68,67	34,0	29,0	69,19	4,2	34,7	34,7	93,5	90,0	87,0	4,2	76,6	57,8	55,5	53,5	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	18:00	300	31,0	26,0	67,56	29,8	27,0	80,64	4,2	32,7	32,7	91,7	88,4	86,1	4,2	77,8	67,8	56,1	52,2	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	19:00	360	30,8	25,5	65,68	29,8	27,0	80,64	4,2	32,5	32,5	92,5	90,0	89,0	4,2	78,9	69,8	56,4	47,6	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	20:00	420	30,0	25,0	66,96	28,0	25,0	78,62	4,2	31,3	31,3	89,6	86,0	85,4	4,2	76,1	70,6	55,3	50,1	4,2			
60	↓	↓	↓	↓	10:00	1260	31,0	26,0	67,56	34,2	27,8	61,71	4,2	31,8	31,8	89,3	85,6	85,3	4,2	74,9	73,9	54,5	45,9	4,2			

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: Tbu1 – T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; Tbu2 – T(°C) ambiente externa ao laboratório de secagem, em base úmida. Var – velocidade do ar de secagem (m/s); UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com duas resistências elétricas acionadas, capacidade total de 50 Ω; 2) Câmara de secagem com alimentação da matéria prima (semente de algodão, sem línter – 60 kg); 3) Isolamento usado nas câmaras de secagens: manta térmica (túnel), placa de isopor (cabine) e silicone (nas aberturas internas); 4) Inversor de frequência instalado e ajustado; 5) Tempo de operação (21 h); 6) Condição do tempo: bom.

APÊNDICE F

Ensaio de Secagem Artificial usando o Sistema conjugado de Secagem convectiva Túnel - Cabine de secagem

Inversor	Chave de Força: desligada-(↓)				Variável temporal		Dados do Ambiente						Túnel de secagem						Túnel de secagem					
							T _{amb1} - T(°c) do laboratório de secagem (interior)						V _{ar1} - Velocidade do ar de secagem						V _{ar1,2 e 3} - Velocidade do ar de secagem					
							T _{amb2} – T(°c) do laboratório de secagem (exterior)						T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)						T _{1, 2, 5} -Temperatura de secagem (°C)					
R2 e R3 - acionadas																								
Frequência (Hz)	A	B	C	D	Hora (h)	Tempo (min.)	T _{amb1}	T _{bu1}	UR %	T _{amb2}	T _{bu2}	UR %	V _{ar1}	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	V _{ar2}	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	V _{ar3}
60	↓	↓	↓	↓	15:10	0	27	20	52,74	31,0	28,8	84,95	4,2	28,6	28,6	28,3	21,9	18,4	4,2	69,4	59,9	56,9	49,3	2,0
60	↓	↓	↓	↓	17:30	60	25	18	50,70	29,0	28,0	92,74	4,2	28,8	28,8	30,6	28,1	26,3	4,2	66,4	67,7	56,0	48,0	-
60	↓	↓	↓	↓	18:00	90	24	17	49,59	29,0	27,0	85,75	4,2	24,0	24,0	35,2	81,6	75,5	4,2	67,2	69,3	58,1	56,3	2,0
60	↓	↓	↓	↓	19:10	120	24	17	49,59	28,0	26,0	85,47	4,2	27,4	27,4	31,0	76,1	70,1	4,2	64,8	62,3	58,1	52,5	-

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: T_{bu1} – T(°C) ambiente interna (laboratório de secagem) em base úmida; T_{bu2} – T(°C) ambiente externa ao laboratório de secagem, em base úmida. Var – velocidade do ar de secagem (m/s); UR- umidade relativa (%). Condição do Ensaio: 1) Sistema com duas resistências elétricas (R) acionadas, capacidade total de 50 Ω; 2) Câmara de secagem com alimentação da matéria prima (Torta ou farelo de algodão, sem línter – 60 kg); 3) Isolamento usado nas Câmaras de secagens: manta térmica (túnel), placa de isopor (cabine) e silicone (nas aberturas internas); 4) Inversor de frequência instalado e ajustado; 5) Tempo de operação (4,0 h);

6) Condição do tempo: bom.

APÊNDICE G

Padronização da Extrusora com ajuste da pressão nos discos de drenagem do óleo vegetal para otimização do sistema de extração de óleo.

Pressão do Eixo (nº de volta)	Tempo (min.)	T1(°C) Grão (entrada)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C) Óleo (Bandeja coletora)	T7(°C) Torta (Disco perfurado)	T8 (°C) Torta (saída)	V (mL)
3,0	0	30,0	-	-	-	35,5	-	32,5	44,5	-
4,0	15	55,0	-	-	-	54,5	60,5	44,0	82,0	-
4,0	30	76,0	-	-	-	75,0	63,5	65,0	86,5	0,5
4,0	45	-	-	-	-	51,0	71,0	83,5	98,0	0,5
4,0	60	42,0	-	-	-	44,0	71,5	91,0	67,0	0,5
4,0	70	39,5	-	-	-	-	52,5	101,5	-	-

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: T1(°C) – temperatura da matéria prima; T2(°C) - T(°C) do disco5; T3(°C) - T(°C) do disco10; T4(°C) - T(°C) do disco13; T5 (°C) - T(°C) do disco16;

T6(°C) - T(°C) do óleo da bandeja coletora; T7(°C) - T(°C) da Torta (disco perfurado); T8(°C) - T(°C) da Torta (saída); V(mL) – Volume de óleo obtido

Condição do Ensaio: 1) Sistema de extrusão da semente de algodão, sem línter; 2) Alimentação da matéria prima (semente de algodão, sem línter – 75 kg);

3) Tempo de operação (1h e 10 min.); 4) Especificação da matéria prima: produto não desidratado; 5) Origem da matéria prima: Embrapa Algodão (Patos/PB).

APÊNDICE H

Padronização da Extrusora, com aferição da temperatura no sistema de extração do óleo vegetal da semente (caroço) de algodão.

Pressão do Eixo (nº de volta)	Tempo (min.)	T1(°C) Grão ou semente (entrada)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C) Disco	T6 (°C) Óleo (bandeja coletora)	T7(°C) Torta (disco perfurado)	T8 (°C) Torta (saída)	V (mL)
4,0	0	29	-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	30	35	36	86	98	-	-	39,5	31,5	-
4,0	45	35	-	103	135	-	-	-	-	0,5

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: T1(°C) – temperatura da matéria prima; T2(°C) - T(°C) do disco5; T3(°C) - T(°C) do disco10; T4(°C) - T(°C) do disco13 ; T5 (°C) - T(°C) do disco16; T6(°C) - T(°C) do óleo (bandeja coletora); T7(°C) - T(°C) da Torta (disco perfurado); T8(°C) - T(°C) da Torta (saída); V(mL) – Volume de óleo obtido.

Condição do Ensaio: 1) Sistema de extrusão da semente de algodão, com línter; 2) Alimentação da matéria prima (46 kg); 3) Tempo de operação (1,0 min.); 4) Especificação da matéria prima: produto não desidratado; 5) Origem da matéria prima: Embrapa Algodão (Patos/PB).

APÊNDICE I

Ensaio de ajuste do sistema de Extrusão da semente de algodão para obtenção de óleo vegetal.

Pressão do Eixo (n° de volta)	Tempo (min.)	T1 (°C) Grão ou semente (entrada)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C) Óleo (bandeja coletora)	T7 (°C) Torta (disco perfurado)	T8 (°C) Torta (saída)	V (mL)
4,0	0	29	-	-	-	-	-	30,0	32,0	0
4,0	15	32	-	-	-	-	-	36,0	37,5	0
4,0	30	-	-	-	-	-	61,5	69,5	102	1,0
4,0	45	-	-	-	-	-	81,5	96,5	96	1,0
4,0	75	34	-	-	-	115	60,0	93,0	80,5	1,0

Fonte: (Pesquisa Direta, 2011)

Local de realização do ensaio: UFPB/PPGEM/LES/IES

Convenção: T1(°C) – temperatura da matéria prima; T2(°C) - T(°C) do disco5; T3(°C) - T(°C) do disco10; T4(°C) - T(°C) do disco13; T5 (°C) - T(°C) do disco16; T6(°C) - T(°C) do óleo (bandeja coletora); T7(°C) - T(°C) da Torta (disco perfurado); T8(°C) - T(°C) da Torta (saída); V(mL) – Volume de óleo obtido.

Condição do Ensaio: 1) Sistema de extrusão da semente de algodão desidratada a 70 °C; 2) Alimentação da matéria prima (120 kg); 3) Tempo de operação (1,0 h e 15 min.); 4) Especificação da matéria prima: produto desidratado; 5) Origem da matéria prima: Embrapa Algodão (Patos/PB).