

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO
ETANOL A PARTIR DA MANDIOCA (*Manihot
esculenta* Crantz) PELO MÉTODO DE CUSTEIO
BASEADO EM ATIVIDADES (ABC)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ana Maria Fabricio

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO
ETANOL A PARTIR DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*
Crantz) PELO MÉTODO DE CUSTEIO BASEADO EM
ATIVIDADES (ABC)**

Ana Maria Fabricio

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM - RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Jahn

Santa Maria, RS, Brasil

2011

© 2011

Todos os direitos autorais reservados a Ana Maria Fabricio. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito da autora.

Endereço: Rua Irapua, 625, Campo Novo, RS, Cep 98.570-000

Fone: 55 9973 - 2098; Endereço Eletrônico: anamariafabricio@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO ETANOL A
PARTIR DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) PELO MÉTODO
DE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES (ABC)**

elaborada por
Ana Maria Fabricio

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Sérgio Luiz Jahn, Dr.
(Presidente/Orientador)

Mário Luiz Santos Evangelista, Dr. (UFSM)

Lisiane de Marsillac Terra, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 25 de Agosto de 2011

“Guarda-me Senhor, como a menina dos Teus olhos.

Esconde-me à sombra das Tuas asas”.

(Salmos 17:8)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor da vida, a quem deposito minha fé em particular, pelo dom da sabedoria e, principalmente, por guiar meus passos e iluminar meu caminho na superação dos obstáculos.

Ao papai Ivaldino (*in memoriam*), a quem dedico cada linha dessa pesquisa e agradeço eternamente seu amor e compreensão. Ensinou-me a ser forte, ter coragem e acreditar no amor da família.

Agradeço a mamãe Carmen, mulher de coragem que, mesmo longe das filhas e sem o papai ainda nos consolava com palavras de afeto e gestos de amor para chegarmos bem no final dessa caminhada.

A minha querida irmã Adriane, meu porto seguro, minha base de repouso, agradeço pelas horas incansáveis me entusiasmando para finalizar essa pesquisa.

Tenho certeza que veio da família o alimento necessário para hoje conquistar esse título.

Ao professor Dr. Sérgio Luiz Jahn, pelas horas de dedicação, pelo auxílio, pela amizade, pelo desafio proposto e conhecimentos disseminados durante este período de convivência.

Ao professor Dr. Mário Luiz Santos Evangelista, pela amizade e auxílio na realização dessa pesquisa.

Agradeço ao professor Ms. Adalberto Lovato, pelo incentivo em disputar a vaga do mestrado e conseqüentemente, me encaminhando na conquista desse título.

Agradeço às minhas amigas, pela amizade verdadeira e energia positiva e aos colegas pela convivência e pela amizade construída durante o curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGE, pelas oportunidades oferecidas durante o curso. A todos os professores por compartilharem de seus conhecimentos.

Agradecimento especial à CAPES pelo auxílio financeiro em forma de bolsa de estudos, com a qual consegui me manter durante o período do curso.

A todos os amigos, que, de uma forma ou de outra auxiliaram-me com palavras, gestos e compreensão neste período.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO ETANOL A PARTIR DA MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) PELO MÉTODO DE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES (ABC)

AUTORA: ANA MARIA FABRICIO

ORIENTADOR: SÉRGIO LUIZ JAHN, DR.

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de Agosto de 2011.

A produção do etanol a partir da mandioca tem seu crescimento e expansão prejudicada devido à falta de incentivos para o plantio em larga escala no Brasil e no mundo. A mandioca é uma das matérias-primas para a produção de energia renovável, capaz de ser transformada em álcool de forma eficiente. Assim, este estudo tem como objetivo empregar o método de custeio baseado em atividades (ABC) para determinar, detalhadamente, os custos envolvidos na produção de mandioca e etanol combustível em uma usina de etanol de pequeno porte na cidade de Santa Maria – RS. A variedade de mandioca processada foi a IAC 90, que apresenta boa produtividade e está adaptada aos sistemas de produção da Região Central do Rio Grande do Sul. Para o desenvolvimento deste estudo, realizou-se uma pesquisa de caráter quantitativa, com a finalidade de mensurar todas as etapas de processamento, e natureza exploratória, por ampliar os conhecimentos na área do estudo. Os resultados demonstraram que o custo total para cultivo de 1 hectare de mandioca foi de R\$ 2.283,56. Considerando uma produção de 25 toneladas de mandioca por hectare, a contribuição da matéria-prima no preço do etanol é de R\$ 0,48. Constatou-se que a partir do processamento de 1 tonelada de mandioca, foi possível obter 188 litros de etanol combustível com custo de R\$0,53/litro, fazendo com que o custo total de produção do etanol seja de R\$ 1,01 ou de R\$ 1.010,00/ m³. A contribuição da matéria-prima correspondeu a 47,5% do preço total e o processamento 52,5%.

Palavras-chave: Mandioca. Método de Custeio ABC. Etanol

ABSTRACT

Master's Science Dissertation
Post Graduate Program in Production Engineering
Federal University Santa Maria, RS, Brazil

DETERMINING THE COSTS OF ETHANOL PRODUCTION FROM CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) BY THE ACTIVITY BASED COSTING METHOD (ABC)

AUTHOR: ANA MARIA FABRICIO

ADVISER: SÉRGIO LUIZ JAHN, DR.

Date and Place of Defense: Santa Maria, August, 25, 2011.

Ethanol production from cassava has hampered its growth and expansion due to lack of incentives for large scale planting in Brazil and worldwide. Cassava is one of the raw materials for the production of renewable energy that can be efficiently transformed into ethanol. This paper aims to use the Activity Based Costing (ABC) method to determine, precisely, the costs involved in cassava production and the fuel ethanol production in a small ethanol plant in Santa Maria-RS. The cassava variety processed was the IAC 90, which is showing good productivity and easy adaptation to production systems in the Central Region of Rio Grande do Sul. For this study, we carried out a quantitative research, in order to measure all the processing steps, and as exploratory nature, to broaden the knowledge in the study area. The results showed that the total cost for gardening a hectare of cassava was R\$ 2,283,56. Assuming a cassava production of 25.000 tons per hectare, the raw material contribution in the ethanol price was R\$ 0,48. We found that from processing 1 ton of cassava, it was possible to obtain 188 liters of fuel ethanol with a cost of R\$ 0,53/liter, generating a total ethanol production cost of R\$ 1,01 or R\$ 1.010,00/m³. The raw material contribution accounted for 47,5% of the total price and processing, 52,5%.

Keywords: Cassava. ABC method. Ethanol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais produtores de mandioca no Brasil em 2009	31
Figura 2 - Balanço de massa da produção de álcool a partir de amido da mandioca.	38
Figura 3 – Lógica da ABC	57
Figura 4 – Fases de elaboração da pesquisa.....	61
Figura 5 - Mapa do Rio Grande do Sul e da Mesorregião Centro-Occidental.....	62
Figura 6 – Fluxograma do cultivo de mandioca.....	69
Figura 7 - Plantação de mandioca.....	70
Figura 8 - Armazenamento das ramas de mandioca na posição horizontal.....	70
Figura 9 - Plantadeira de mandioca 2 linhas	72
Figura 10 - Colheita manual	73
Figura 11 - Retirada das raízes das cepas de mandioca.	74
Figura 12 - Caixas na lavoura, prontas para transporte.	74
Figura 13 - Transporte com a carreta da lavoura até a propriedade	76
Figura 14 - Caixas carregadas no caminhão para o transporte.....	77
Figura 15 – Cepas com raízes de mandioca no momento da colheita.....	78
Figura 16 – Distribuição dos custos do cultivo de 1 hectare de mandioca em pequena propriedade rural	88
Figura 17 - Fluxograma do cultivo da mandioca.....	92
Figura 18 – Vista externa da usina de álcool da UFSM.	93
Figura 19 – Vista frontal do lavador rotativo por batelada.	94
Figura 20 - Esteira transportadora de matéria-prima para moedor	95
Figura 21 – Trituração das raízes.....	95
Figura 22 – Matéria-prima moída	96
Figura 23 - Massa da mandioca no tanque de hidrólise.....	97
Figura 24 - Tanque de hidrólise.....	97
Figura 25 - Enzima alfa-amilase.....	98
Figura 26 - Enzima gluco-amilase	99
Figura 27 - Aquecimento e adição das enzimas.....	100
Figura 28 - Rampa de aquecimento e rampa de resfriamento.	100

Figura 29 - Fermentação	101
Figura 30 – Dornas de fermentação	103
Figura 31 – Destiladora contínua	104
Figura 32 – Balanço de massa do etanol no processamento industrial da mandioca para produção de álcool anidro	105
Figura 33 – Distribuição dos custos de processamento empregando mandioca como matéria-prima em pequena unidade de processamento	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção brasileira de mandioca em 2009	30
Tabela 2 – Composição nutricional da raiz e folha de mandioca	36
Tabela 3 – Perda mensal de colheita	75
Tabela 4 – Atividades e funções do cultivo da mandioca.....	79
Tabela 5 - Detalhamento dos custos dos insumos do cultivo de 1 hectare de mandioca.....	80
Tabela 6 – Detalhamento dos custos do preparo de 1 hectare de solo	81
Tabela 7 – Detalhamento dos custos de plantio de 1 hectare de mandioca	81
Tabela 8 – Detalhamento dos custos dos tratos culturais para o cultivo de 1 hectare de mandioca.....	82
Tabela 9 – Detalhamento dos custos da colheita manual de 1 hectare de mandioca	83
Tabela 10 – Detalhamento dos custos do transporte da mandioca até a unidade de processamento.....	83
Tabela 11 - Distribuição dos custos para o cultivo de 1 hectare de mandioca.....	84
Tabela 12 – Resumo dos elementos de despesa	85
Tabela 13 – Direcionadores dos custos para o cultivo de 1 hectare de mandioca....	85
Tabela 14 – Valor hora de depreciação dos equipamentos	86
Tabela 15 – Custo da depreciação dos equipamentos por hectare	87
Tabela 16 - Detalhamento do método de custeio ABC utilizado para o cultivo de mandioca.....	90
Tabela 17 – Concentração de etanol no vinho de fermentação em função do tempo de reação e após destilação.....	102
Tabela 18 – Atividades e funções do processamento da mandioca.....	106
Tabela 19 – Detalhamento dos custos dos insumos para o processamento de 3.000 Kg de mandioca	107
Tabela 20 – Detalhamento dos custos de recepção e pesagem de 3.000 Kg de mandioca.....	108
Tabela 21 – Detalhamento dos custos da limpeza de 3.000 KG de mandioca	108
Tabela 22 – Detalhamento dos custos de transporte das raízes utilizado de esteira	109
Tabela 23 – Detalhamento dos custos de trituração das raízes de mandioca	110

Tabela 24 – Detalhamento dos custos do tratamento enzimático	110
Tabela 25 – Detalhamento dos custos do processo de fermentação.....	111
Tabela 26 – Detalhamento dos custos da destilação	111
Tabela 27 – Detalhamento dos custos da geração de vapor	112
Tabela 28 – Distribuição dos custos para o processamento de 3.000 Kg de mandioca	113
Tabela 29 – Resumo dos elementos de despesa	114
Tabela 30 – Valor hora de depreciação dos equipamentos e instalação	115
Tabela 31 – Depreciação dos equipamentos e instalações	116
Tabela 32 – Comparação da produtividade e rendimento das matérias-primas cana-de-açúcar e mandioca.....	118
Tabela 33 – Comparação dos resultados da pesquisa com dados na literatura do cultivo da mandioca.....	119
Tabela 34 – Comparação dos resultados da pesquisa com dados na literatura do processamento de 1 tonelada de mandioca.....	121
Tabela 35 – Simulação do custo de 1 litro de etanol com diversos custos de matéria-prima	122

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Possibilidades da utilização de mandioca	33
---	----

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC - Método de Custeio Baseado em Atividades em inglês *Activity Based Costing*

ATP - Trifosfato de adenosina

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Ca - Cálcio

Cepea – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

Cm – Centímetro

CO₂ – Gás carbônico

Cx – Caixa

Esalq – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”

EMATER – Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Food and Agricultural Organization

g – Gramas

h - Horas

ha – Hectare

HCl - Ácido mineral

IAA - Instituto do Açúcar e Alcool

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K - Potássio

Kg – Quilo grama

m - Metro

Mg - Magnésio

ml - Mililitro

N – Nitrogênio

N - Norte

P - Fósforo

pH - Potencial hidrogeniônico

RS – Rio Grande do Sul

R\$ - Reais

S - Sul

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SP – São Paulo

t – Tonelada

USP – Universidade de São Paulo

°GL- Teor alcoólico em volume

°C - Graus celsius

% - Percentual

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Detalhamentos dos equipamentos e custos de implantação da usina de processamento de álcool.....	131
--	-----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Contextualização do Tema	20
1.2	O problema da pesquisa	22
1.3	Justificativa e relevância	22
1.4	Objetivos	24
1.4.1	Objetivo geral	24
1.4.2	Objetivos específicos	24
1.5	Estrutura do trabalho	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	Biocombustível	26
2.1.1	Matérias-primas para a produção de etanol	26
2.1.2	Importância de fontes renováveis de biocombustível	28
2.2	A cultura da mandioca	29
2.2.1	Histórico e origem da mandioca	29
2.2.2	Utilizações da mandioca	32
2.2.3	Aspectos gerais: Características da planta	34
2.2.4	Mandioca como matéria-prima para produção de etanol	36
2.3	Cultivo da Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	39
2.3.1	Pré – Plantio	40
2.3.1.1	Preparo do Solo	40
2.3.1.2	Correção do Solo	41
2.3.1.3	Aplicação de Cloreto de Potássio	41
2.3.1.4	Aplicação de Calcário	41
2.3.1.5	Época de Plantio	42
2.3.2	Plantio	42
2.3.2.1	Seleção e Preparo das Manivas	42
2.3.2.2	Adubação	43
2.3.2.3	Espaçamento do Plantio	44
2.3.3	Tratos Culturais	44
2.3.3.1	Aplicação de Uréia	44

2.3.3.2 Capinas	44
2.3.4 Consorciação com outra cultivar	45
2.3.5 Colheita	45
2.3.6 Equipamentos envolvidos no cultivo da mandioca	46
2.3.7 Transporte das raízes para indústria	47
2.4 Industrialização da mandioca para produção de etanol.....	47
2.4.1 Processamento da mandioca	47
2.4.2 Recepção da matéria prima	48
2.4.3 Operação de limpeza	48
2.4.4 Trituração das raízes de mandioca	49
2.4.5 Preparo do mosto e tratamento enzimático.....	49
2.4.6 Fermentação alcoólica	49
2.4.7 Leveduras alcoólicas	50
2.4.8 Destilação.....	50
2.5 Gerenciamento de Custos.....	51
2.5.1 Critérios de alocação de custos	51
2.6 Sistemas de custeio	52
2.6.1 Filosofias de custeios	52
2.6.2 Métodos de custeio	53
2.6.3 Tipos de custeio	54
2.6.4 Custeio Baseado em Atividades (Método ABC)	55
2.6.5 Utilizações do método de custeio ABC.....	58
3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	60
3.1 Fases da pesquisa	61
3.1.1 Primeira fase: Cultivo da mandioca	61
3.1.2 Segunda fase: processamento da mandioca	64
3.1.3 Terceira fase: Análise dos dados	66
3.1.4 Quarta fase: Resultados.....	66
3.2 Aspectos éticos	67
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
4.1 Custos do cultivo da mandioca	68
4.1.1 Descrição das etapas de cultivo, colheita e transporte da mandioca .	69
4.1.1.1 Visão geral da propriedade	69
4.1.1.2 Preparo do Solo	71

4.1.1.3 Plantio	71
4.1.1.4 Tratos culturais.....	72
4.1.1.5 Colheita	72
4.1.1.6 Transporte.....	76
4.1.2 Produtividade	77
4.1.3 Determinação dos custos por etapa de cultivo.....	78
4.1.2.1 Depreciação dos equipamentos.....	86
4.2 Custos do processamento de mandioca para produção de etanol....	91
4.2.1 Descrição das etapas de processamento da mandioca	91
4.1.2.1 Recebimento e pesagem	92
4.1.2.2 Limpeza da matéria-prima.....	93
4.1.2.3 Trituração das raízes	94
4.1.2.4 Tratamento enzimático.....	96
4.1.2.5 Fermentação	101
4.1.2.6 Destilação	103
4.2.2 Determinação dos custos por etapa de processamento	106
4.2.2.1 Depreciação dos equipamentos.....	114
4.3 Análise dos resultados da aplicação do custeio ABC.....	118
4.4 Custo total do litro de etanol obtido a partir de mandioca.....	121
5 CONCLUSÕES	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS.....	132
APÊNDICE	135

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Tema

A necessidade de incrementar a participação de combustíveis renováveis na matriz energética brasileira e mundial tem alavancado o setor de produção de etanol. Segundo relatos na imprensa, as unidades de processamento de combustíveis de origem fóssil da Petrobrás estão atuando muito próximo da capacidade máxima de produção, sendo necessária a implantação de novas refinarias ou ampliação da produção de etanol combustível. Para incrementar a produção de etanol, torna-se necessário o estudo da viabilidade de emprego de outras matérias-primas diferentes da cana-de-açúcar, para a produção de etanol combustível.

Dentro deste contexto, muitas investigações científicas e tecnológicas vêm sendo estudadas, com o objetivo de desenvolver tecnologias que permitam a utilização de novas matérias-primas para a produção de etanol, e o desenvolvimento de novos biocombustíveis, como, por exemplo, o butanol.

Sabe-se que, ao se tratar de fontes de combustíveis alternativos “mais limpos”, a agroenergia tem sido apontada, em âmbito nacional e internacional, como uma grande oportunidade de negócios para países emergentes. O modelo brasileiro de bioetanol está, atualmente, focado em grandes unidades de produção, empregando a cana-de-açúcar como a principal matéria-prima.

Dentro deste contexto, existem grande número de estudos baseados na utilização de matérias-primas amiláceas, principalmente a mandioca e a batata-doce, para a produção de bioetanol. A utilização deste tipo de matéria-prima permite a integração de produção de alimentos com a produção de biocombustível, fato bastante desejado. Baseado neste contexto, a cultura da mandioca pode ser vista como um papel decisivo, em se tratando tanto de grandes propriedades rurais quanto na agricultura familiar (FAGUNDES, 2009).

Apresentando um importante papel econômico e social, a mandioca é conhecida mundialmente. Devido às suas características de adaptação em solos

com pouco fertilidade e utilizar a água de forma eficiente é uma importante matéria-prima na agricultura familiar, por não precisar de muita tecnologia para seu cultivo e colheita.

Na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), todas as partes da planta podem ser aproveitadas: as raízes são fonte rica em amido, do seu processamento são obtidos inúmeros produtos, e a parte aérea pode ser utilizada para alimentação animal. Assim como outras culturas amiláceas, o amido de mandioca pode ser transformado em álcool e, portanto, é a cultura é uma forte aliada como fonte de energia renovável (FAGUNDES, 2009).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta que possui origem no continente americano, provavelmente no Brasil, com indícios de cultivo por civilizações pré-incaicas há 4 mil anos na América Central, Venezuela, Colômbia e Peru. Os nativos americanos foram os responsáveis por sua disseminação no Continente, enquanto os portugueses a difundiram para o restante do mundo (SCHWENGBER, 2008).

Conforme Schwengber (2008), a produção mundial de mandioca em 2008, estimada pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), encontra-se na ordem de 238.450 milhões de toneladas, colocando o Brasil como terceiro maior produtor mundial, com 26.300 milhões de toneladas perdendo somente para a Nigéria com 49.000 milhões de toneladas e para a Tailândia com 29.150 milhões de toneladas.

De acordo com Santana (2007), devido a sua grande quantidade de carboidratos, a mandioca se apresenta como potencial fonte para geração de etanol. Chegou-se a implantar usinas de álcool de mandioca no Brasil, nas décadas de 30 e 70, períodos de grande dificuldade energética, porém após o restabelecimento da produção normal para a época, esse tipo de combustível foi deixado de lado.

No estado do Rio Grande do Sul, a importância da mandioca é notória, sendo muito utilizada para alimentação humana e animal, porém ainda faltam estudos sobre a utilização desta cultura como fonte alternativa de renda. Fagundes (2009) salienta que o estado detém uma pequena participação nacional na produção de mandioca, sendo esta concentrada principalmente na região da Depressão Central.

Os biocombustíveis têm apresentado potencial para substituição em maiores escalas dos derivados de petróleo. Devido disponibilidade vegetal de matéria-prima para garantir a continuidade de uma produção em larga escala. Cana-de-açúcar,

beterraba, milho, mamona, dendê, oleaginosas como a soja, além de biomassa vegetal como celulose (SANTANA, 2007).

O cultivo da mandioca para produção do etanol poderia ser incentivada em regiões onde o solo não é propício à produção da cana-de-açúcar, em solos com baixa fertilidade propícios ao cultivo da mandioca, como forma de auxílio às famílias a incrementarem sua renda.

Para garantir a viabilidade do plantio da mandioca para produção do etanol e, conseqüentemente aumentar o valor agregado ao agricultor, torna-se importante consorciar o cultivo da mandioca em período obsoleto com outro cultivo que se adapte ao período do ano e ao clima da região de plantio.

O presente trabalho aborda todas as etapas envolvidas na produção do etanol, empregando o método contábil denominado de Custeio Baseado em Atividades (ABC). Esta metodologia permite a determinação, de forma detalhada, dos custos envolvidos em cada etapa do processo de produção da matéria-prima (mandioca) e de seu processamento para produção do etanol combustível. A partir desta análise, será possível determinar o custo total de produção de etanol e conhecer, de forma individual, percentualmente que representa o custo da matéria-prima e o custo de processamento em unidade industrial de pequeno porte.

1.2 O problema da pesquisa

O principal problema da pesquisa é a inexistência de informações relativas ao custo da produção de etanol em pequenas unidades de produção.

1.3 Justificativa e relevância

A mandioca possui grande importância nos países de clima tropical e, sendo o Brasil o terceiro maior produtor desta espécie vegetal, a importância desta planta, tanto para consumo como para produção de biocombustíveis, é inegável.

A mandioca é precursora na geração de matéria-prima e emprego, abrangendo grandes extensões de terra brasileira. Estudos já provaram que a mandioca sobrevive sob as mais diferentes condições climáticas, solos e sistemas de cultivo. Com tanta disponibilidade territorial e a capacidade de adaptação da planta, surgem demandas por diferentes variedades e formas de utilização que depende da região de cultivo.

Por ser utilizada integralmente nas diferentes formas de consumo (como por exemplo, a farinha, amido e feno), a mandioca tem sua produção geralmente destinada à fabricação de farinha. Outra grande alternativa é a produção de álcool combustível, que é possibilitado essencialmente pela grande quantidade de amido transformável em álcool pelos processos de hidrólise, sacarificação, fermentação e destilação.

A ideia não é nova, mas com a escolha da cana-de-açúcar como matriz energética do país na época do lançamento do Proálcool, a utilização de outras matrizes foi descartada após alguns testes (FERES, 2010). Os estudos realizados na época trouxeram grandes aperfeiçoamentos ao sistema de produção do álcool.

Sabe-se que a mandioca apresenta maior eficiência na conversão do álcool em relação às culturas da beterraba, milho ou cana-de-açúcar. Neste sentido, observa-se que o maior problema da produção de combustíveis não reside na escassez de recursos para sua produção, ao contrário, a cada dia que passa surgem novas alternativas ambientalmente responsáveis e não baseadas no beneficiamento de combustíveis fósseis, que são altamente poluentes.

O presente estudo aborda o gerenciamento de custos relativos às etapas de produção e industrialização de etanol desenvolvido a partir da mandioca e pretende colaborar com o desenvolvimento de uma nova alternativa em relação à produção de combustíveis renováveis. Desse modo, a busca de alternativas sustentáveis faz com que a mandioca torne-se um meio de diversificar suas matrizes energéticas impulsionando diversos estudos em relação a novas alternativas de produção de etanol.

A produção de etanol em pequenas unidades de produção possui uma grande limitação que é o baixo rendimento obtido em moendas de um terno, normalmente utilizadas em unidades de produção de etanol combustível na faixa de 1000 a 2000 litros/dia. Para melhorar o rendimento global de processo, é necessária a utilização de moendas de dois ou três ternos, que permitiriam um melhor rendimento de

extração do caldo, que acarretaria em elevados investimento iniciais e com tempo de retorno do investimento muito elevado. Assim, torna-se necessário descobrir alternativas para esse tipo de processo, visando a aumentar o rendimento global.

A produção de etanol, quando realizada a partir de matérias-primas amiláceas, não possui a limitação imposta acima, pois, no processo de sacarificação, podem ser obtidos elevados rendimentos de transformação do amido em açúcares fermentescíveis. Além disso, o Instituto do Açúcar e Álcool (IAC) desenvolveu variedades de mandioca com elevada produtividade por hectare e elevados teores de amido, na ordem de 40%, que, ao serem processadas, permitirão grande produção de amido por hectare, tornando bastante atrativa a produção de etanol a partir destas matérias-primas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral dessa pesquisa é analisar a viabilidade técnica e econômica da produção de etanol empregando mandioca como matéria-prima.

1.4.2 Objetivos específicos

- Levantar os custos do cultivo da matéria-prima mandioca através da utilização do Método ABC;
- Determinar os custos para produção de etanol através da utilização da mandioca como matéria-prima pelo Método ABC;
- Levantamento dos custos por etapa de produção;
- Determinar o custo unitário de produção do litro de etanol combustível em pequena unidade de produção.

1.5 Estrutura do trabalho

O Capítulo 1 apresenta a contextualização do tema da pesquisa, a parte introdutória, apresentando a relevância do estudo, do problema da pesquisa e de seus objetivos.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, trazendo aprofundamento da revisão bibliográfica acerca dos conceitos relevantes ao tema de estudo em questão, facilitando a compreensão geral do estudo.

O Capítulo 3 aborda os procedimentos teóricos e a metodologia utilizada para o estudo.

No Capítulo 4, são expostos os resultados da pesquisa e analisados.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do estudo, os resultados obtidos com a pesquisa.

No Capítulo 6, são listadas em ordem alfabética as referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Biocombustível

A produção do biocombustível para a economia brasileira, em se tratando de seus produtores de matéria-prima até chegar às grandes metrópoles onde são consumidos em grande escala, impulsiona a economia em um âmbito geral.

Segundo o site *BiodieselBr* (2007), biocombustível pode ser definido como todos os combustíveis produzidos de fontes biológicas não fósil. Advindos de origem vegetal como o milho, soja, linhaça, pinhão-manso, mamona, cana-de-açúcar, óleo de palma, esgoto, restos de comida, dejetos animais e arroz, entre outros, mas não são limitados a apenas essas fontes.

Para que se possa utilizar os biocombustíveis como solução para recursos ociosos e para a promoção do desenvolvimento seria necessário responder a questões relacionadas ao preço do biocombustível em comparação ao do petróleo e, a questão que somente no Brasil seria possível produzir etanol em bases competitivas, o que dificultaria a formação de um mercado mundial para o combustível (FERES, 2010).

2.1.1 Matérias-primas para a produção de etanol

Para o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA (2007), qualquer produto que apresentar quantidades consideráveis de açúcar (cana-de-açúcar, melaços, sorgo (colmo), beterraba, frutas), amiláceos na forma de grãos ou raízes tuberosas (milho, sorgo, cevada, trigo, batata, mandioca, batata-doce), ou celulose (palha, madeira, resíduos agrícolas e de fábricas de papel) constitui-se em matéria-prima para obtenção de álcool. No entanto, para que seja viável economicamente, é necessário considerar sua produção em volume, rendimento e custos de processamento.

Como matéria-prima açucarada, apresenta-se a cana-de-açúcar que proporciona um alto retorno para os agricultores por hectare plantado, o custo de produção do açúcar no país é baixo (inferior a US\$ 200/toneladas), podendo, competir no mercado internacional. O mercado é volátil e apresenta oscilações constantes de valores. A cana-de-açúcar, através do álcool e do bagaço, já representa 13,5% da matriz energética brasileira, mas poderá ter participação ainda maior quando for utilizada a palha, podendo até duplicar sua produção sem aumentar a área plantada. Embora a produção de álcool, a partir do caldo, já possua elevado padrão tecnológico, falta o melhor aproveitamento dos resíduos, especialmente da palha e do bagaço (IICA, 2007).

Segundo Sheorain, Banka e Chavan (2000), o sorgo é considerado um amiláceo excelente para conversão em etanol por produzir quantidades proporcionais de etanol por hectare quando comparado a outros cereais forrageiros similares e utiliza um terço menos de água em seu processo de cultivo comparando ao da cana-de-açúcar. No caso de produção de etanol, as plantas são processadas inteiras ou somente os grãos.

O milho apresenta-se como amiláceo para produção de etanol, em forma de grão. Nos Estados Unidos, nenhuma matéria-prima que seja considerada com potencial de conversão em biocombustível, além do amido de milho, é viável economicamente com a tecnologia existente e sem subsídios político (SCHNEPF, 2010).

A mandioca é considerada amiláceo na forma de raízes tuberosas para produção de etanol. Se analisar a produção de etanol por tonelada, a mandioca leva vantagem sobre a cana-de-açúcar (FELIPE e ALVES, 2007).

Nesse contexto, o setor mandioqueiro precisa avaliar alguns gargalos de produtividade, a produção de etanol a partir de mandioca pode se tornar uma realidade no Brasil no curto prazo, pois, existe tecnologia disponível. Portanto, considera-se uma alternativa de obtenção de renda à agricultura familiar (FELIPE e ALVES, 2007).

2.1.2 Importância de fontes renováveis de biocombustível

Quando se fala no uso de fontes de combustíveis renováveis, muitas mudanças estão ocorrendo em escala mundial no meio social, político, tecnológico e econômico.

Os Estados Unidos tem se destacado como maior produtor mundial de etanol desde o ano de 2005, quando ultrapassou a produção brasileira. A produção de etanol iniciou de forma industrial nos Estados Unidos com a utilização do milho, representando grande parte de sua produção. A mistura do etanol à gasolina é subsidiada desde o início na forma de crédito de impostos, sendo considerada desde o início como fundamental (SCHNEPF, 2010). Em conjunto, Estados Unidos e Brasil são responsáveis pela produção de 70% do etanol mundial.

O Brasil foi líder mundial em produção de biocombustíveis até 2004, desta maneira, tem grande responsabilidade sobre a direção do mercado e pelos rumos que esta fonte de energia poderá vir a ter nos próximos anos. Baseado em dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), só em São Paulo no ano de 2005, foram emitidos 330.000 toneladas de óxido de nitrogênio advindo de fontes que fazem uso de combustíveis, sendo que 96% é proveniente de veículos automotores onde a maior parte desses veículos são movidos a álcool ou por uma composição deste. O álcool tem sido o combustível mais utilizado em grande escala no Brasil inteiro (FARRET, 2010).

Conforme Jornal da Globo (2011), o ministro de Minas e Energia, Edison Lobão, anunciou que o governo prepara medidas de incentivo à produção de etanol no país, como incentivos para os produtores, com linhas de crédito em bancos nacionais, essa medida tem por objetivo aumentar a oferta de combustível e reduzir o preço para o consumidor. Neste contexto, sabe-se que a mandioca é uma matéria-prima com grande potencial por apresentar maior produção de álcool por tonelada em relação às culturas da beterraba, milho ou cana-de-açúcar.

Citado em diversas pesquisas, reportagens e relatos acerca do assunto, o etanol é considerado como o combustível do futuro.

Conforme a empresa Novozymes (2008), produtora de enzimas para diversos tipos de indústrias, ressalta a importância da utilização de etanol para redução do uso de combustíveis de origem fóssil, causadores do aumento de gases que

provocam o efeito estufa. Na adição de 10% de etanol na gasolina comum, resulta em uma redução de 3 a 6% dos níveis de emissão de dióxido de carbono (NOVOZYMES, 2008).

2.2 A cultura da mandioca

2.2.1 Histórico e origem da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), da família das Euforbiáceas é uma raiz com alto conteúdo de amido, apresenta mais de 300 variedades e se divide em mandioca-doce e mandioca-brava e é consumida por cerca de 500 milhões de pessoas no mundo e é produzida em mais de 80 países, sendo a sexta mais importante planta comestível no mundo (FAGUNDES, 2009).

A estimativa anual global de produção de raízes de mandioca, entre 1998 e 2001 foi de 168 milhões de toneladas, das quais cerca de 70% foi cultivado na Nigéria, Brasil, Tailândia, Indonésia e República Dominicana do Congo, Zaire, Angola, Tanzânia, Moçambique, Gana e Índia (FAO, 2001).

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), [s.d.] a mandioca é uma das culturas mais difundidas no país. Quando os portugueses aportaram no Brasil, já encontraram o indígena cultivando e utilizando a mandioca no preparo de bebidas e alimentos para a tribo. Há muitas lendas indígenas sobre a origem da mandioca, em todas elas é constante a ideia de que se trata de uma dádiva divina, devido a sua importância para a sobrevivência das tribos. Desde então, durante três séculos, em especial nas localidades com cultura de influência indígena, baseava-se em grande parte na cultura e consumo da mandioca em suas diferentes maneiras de preparo.

Por ser rústica, com facilidade de adaptação, a mandioca é uma cultura que está diretamente associada à agricultura familiar com grande apelo à segurança alimentar de produtores familiares de diversos países (SCHWENGBER, 2008).

O Brasil é o maior produtor de mandioca do continente, sendo responsável por 15% da produção mundial, produzindo cerca de 25 milhões de toneladas. Esta

produção, mesmo com valores significativos, praticamente parou nas últimas décadas. O Brasil se apresenta como exceção na utilização da mandioca, pois apresenta a farinha de mesa como principal produto, onde na maior parte dos países das Américas, o consumo da mandioca é *in natura* (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

A produção dentre os continentes, a África (53,32%) é o maior produtor mundial, seguido pela Ásia (28,08%), Américas (18,49%) e Oceania (0,11%). Quanto ao rendimento, destacam-se a Ásia (14,37 t/ha) e as Américas (12,22 t/ha), seguidas pela Oceania (11,57 t/ha) e África (8,46 t/ha) (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

A produtividade, baseando-se nas áreas colhidas, é mais expressiva em alguns estados brasileiros, é o caso do Pará, Bahia e Maranhão como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – Produção brasileira de mandioca em 2009

ESTADOS	ÁREA COLHIDA (ha)	PRODUÇÃO (t)	RENDIMENTO (t/ha)
Pará	289.980	4.548.748	15,69
Paraná	153.131	3.654.710	23,87
Bahia	271.595	3.437.100	12,66
Rio Grande do Sul	83.669	1.281.899	15,32
Maranhão	182.033	1.216.413	6,68
Outros	780.170	10.265.111	13,16
Brasil	1.760.578	24.403.981	13,86

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2009.

Na figura 1, percebe-se que em relação à produção, pode-se destacar os estados do Pará, Paraná e Bahia. Entretanto, se forem observados os rendimentos, o estado do Paraná fica em primeiro lugar, seguido pelo estado do Pará e Rio Grande do Sul.



Figura 1 – Principais produtores de mandioca no Brasil em 2009
 Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2009.

A produção de farinha, conforme Espaço do Produtor (2010), em 2009, a produção brasileira da farinha de mandioca alcançou o maior índice nos últimos sete anos, com 583,11 mil toneladas. A fabricação da farinha de mandioca está concentrada no Paraná, com 71%, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Santa Catarina e Goiás.

A produção deste insumo no Brasil em 2009 foi 3,3% superior à de 2008, com 565,11 mil toneladas da farinha. Já o preço médio da farinha registrou leve queda e fechou o ano a R\$ 939,21 (novecentos e trinta e nove reais e vinte e um centavos) a tonelada, contra R\$ 961,64 (novecentos e sessenta e um reais e sessenta e quatro centavos), em 2008 (ESPAÇO DO PRODUTOR, 2010).

Conforme Schwengber (2008), algumas propriedades agrícolas familiares no Estado do Rio Grande do Sul, consideram a mandioca como uma cultura importante para a alimentação humana e animal. O Rio Grande do Sul é o quinto maior produtor do Brasil, produzindo um total de 1.220.412 toneladas, com destaque para os municípios de Rio Pardo com 36.667 toneladas, Venâncio Aires com 33.121 toneladas, Triunfo com 29.000 toneladas, São Pedro do Sul com 25.472 toneladas, Frederico Westphalen com 21.750 toneladas e Santa Maria com 21.240 toneladas.

2.2.2 Utilizações da mandioca

Sabe-se que a mandioca tem todas as suas partes utilizáveis. As raízes são a base para o consumo humano e matéria-prima para diversos produtos e subprodutos, mas também tem a possibilidade de gerar produtos da parte aérea da plantas, que se constitui de folhas e hastes que são utilizadas na alimentação animal e humana, conforme quadro 1. Para os animais, as folhas e as hastes são usadas em silagem e fenos. Na alimentação humana, as folhas são desidratadas e incorporadas na preparação de alimentos na forma de farinhas, ou diretamente (MENDES et. al. 2009).

Parte aérea	Folhas	Alimentação animal e humana			
	Hastes	Material de plantio Alimentação animal (silagem, fenos e <i>in natura</i>)			
Raiz	Alimentação Humana	Cozinhas, pães, bolo, farinhas, biscoitos, purês, tortas, sopas, fritas, mingaus, beijus, suflês, empadas, roscas, cremes, pudins, etc.			
	Alimentação Animal	Cruas, cozidas desidratadas	Farinhas, raspas <i>Pellets</i>		
	Indústria	Amido (fécula)	Uso alimentício (amido nativo e amido modificado)	Glucose, maltase, fermentos, fécula (amido nativo) gelatinas, dextrina	
			Uso industrial (amido nativo e amido modificado)	Adesivo têxtil, papel e celulose, explosivo, farmacêutico, tintas, calçados, embutidos (carnes), cervejeira, petrolífera.	
		Amido fermentado (polvilho azedo)	Uso alimentício	Confeitaria, padaria, ind. de biscoitos etc.	
				ind. de pão de queijo	
		Farinhas	Alimentação Humana	Farinhas de mesa Farinha panificável	
			Alimentação Animal	Rações balanceadas	
		Raspas	Alimentação Animal	Rações balanceadas	
			Farinhas de raspas	Alimentação animal Alimentação humana Uso industrial	
Álcool	Combustível, desinfetantes, bebidas, perfumarias e farmacêuticos				

Quadro 1 – Possibilidades da utilização de mandioca

Fonte: Barros et al. (2004).

Através da mandioca, pode ser obtida uma grande variedade de produtos como a fécula ou polvilho doce que é utilizado para fazer pães de queijo, biscoitos, roscas, o sagu que é utilizado como sobremesa, a tapioca, obtida pela secagem em tachos abertos, utilizada para alimentação natural na forma de mingau, a farinha de mesa, beiju, carimã ou massa puba, tucupi, tacapá e na Amazônia é consumida a folha com um prato chamado maniçoba. Também o amido ou fécula de mandioca

pode ser utilizado na indústria de papel, têxtil e petróleo, conforme observa (MENDES et al. 2009, p. 23).

Outra opção para o uso da mandioca encontra-se na utilização do amido obtido para a produção do álcool etílico, conhecido como etanol, um composto ternário de carbono, hidrogênio e oxigênio, tendo como fórmula C_2H_5OH e apresenta as seguintes características: líquido, incolor, límpido, cheiro agradável e sabor ardente (OSTROWKI et al., 2006).

O Brasil apresenta mudanças no cenário industrial de processamento da mandioca, surgindo novas feclarias e parcerias para fornecimento entre indústrias nacionais e multinacionais de amido modificado, devido ao desenvolvimento mundial do mercado. A procura por fontes renováveis de energia e por alternativas à cultura do tabaco ampliou o debate atual sobre seu desenvolvimento sustentável e colocou a mandiocultura em destaque, com possibilidades de competir com parte desse espaço (SCHWENGBER, 2008).

Para Schwengber (2008), praticamente não existe comercialização da mandioca no estado do Rio Grande do Sul, seu comércio é basicamente em feiras e mercado para consumo *in natura* ou para poucas farinheiras de pequeno porte, pouco conhecidas. A parte área é usada na alimentação animal.

2.2.3 Aspectos gerais: Características da planta

Dados da EMBRAPA, apresentados por Fukuda e Outsubo, (2003) relatam que a mandioca é cultivada entre 30 graus de latitudes Norte e Sul, embora sua concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, sendo mais favoráveis às regiões baixas ou com altitude de até 600 a 800 metros.

O cultura da mandioca exige uma temperatura entre 20 e 27°C, com temperaturas baixas, em torno de 15°C, a germinação retarda e enfraquece ou mesmo neutraliza sua atividade vegetativa, entrando em fase de repouso (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

A cultura da mandioca propaga-se facilmente, tolerante a doenças e pragas, exige pouco das condições do solo e clima. No entanto, apresenta pouca resistência

ao frio e grande potencial de apodrecimento fora do solo, ocorre de 2 a 3 dias da colheita devido a processos fisiológicos (OSTROWSKI et al., 2006).

A mandioca obedece a um ciclo de desenvolvimento que se dá em 5 etapas. Estas etapas de crescimento são: brotação do caule (manivas); formação do sistema radicular; desenvolvimento da parte aérea; engrossamento das raízes de reserva e de repouso (SANTANA 2007).

Para Figueiredo et al. (2010), a porcentagem de brotação pode determinar o estande final (estande significa uma quantidade de plantas por unidade de área), sendo que a mesma pode sofrer variações causadas pela prática de plantio, profundidade, condições do solo e ambiente. A altura de planta está relacionada com o desenvolvimento da planta, esse desenvolvimento é condicionado à disponibilidade de nutriente, luz, água e preparo do solo.

Quando se refere às condições climáticas, a resistência da mandioca torna-se determinante na sua utilização como reserva alimentar nas regiões de grande estiagem, como é o caso do Noroeste do Brasil. Tem importância social muito significativa em países tropicais de baixa renda por apresentar uma grande fonte de carboidrato e com baixos custos de produção (O'HAIR, 1998). Estimativas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) dão conta de que o número de pessoas que obtêm suas reservas habituais de carboidratos por meio da mandioca está entre 600 e 700 milhões ao redor do mundo (FOLEGATTI e MATSUURA, s.d.)

Salienta-se que as folhas da planta não são utilizadas rotineiramente para o consumo humano, sendo agregadas à alimentação animal, como uma forma acessível para adicionar proteínas à ração animal. Entretanto, podem ser analisadas as propriedades nutricionais de ambas as partes, raiz e folha, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 – Composição nutricional da raiz e folha de mandioca

COMPONENTES	RAIZ	FOLHA
Umidade (g/100g)	60-65	70-75
Carboidratos (g/100g)	30-35	14-18
Proteínas (g/100g)	0,5-2,5	7
Lipídios (g/100g)	0,2-0,4	1
Vitaminas:		
A (µg/100g)	50	960-3.000
B1 (µg/100g)	-	120-250
B2 (µg/100g)	-	270-600
C (mg/100g)	25	29-31
Niacina (mg/100g)	-	1,7-2,4
Minerais:		
Cálcio (mg/100g)	50	300
Ferro (mg/100g)	0,9	7,6
Fósforo (mg/100g)	40	119

Fonte: Folegatti, Matsuura [s.d.]

2.2.4 Mandioca como matéria-prima para produção de etanol

Devido à mandioca apresentar grandes quantidades de carboidratos, apresenta-se como potencial fonte para a produção de etanol. O álcool derivado da mandioca já foi produzido no Brasil em períodos de grande dificuldade energética, como por exemplo, nos períodos de 1932 a 1945, que corresponde ao colapso da economia mundial da década de 30, da Segunda Guerra Mundial e na década de 70, quando houve a construção de usinas de álcool de mandioca em regiões que não tinham tradição no cultivo da mandioca e, por isso, não representando resultados satisfatórios fazendo com que a utilização da cana-de-açúcar para a fabricação do etanol prevalecesse (AQUARONE et al., 2001).

Salla (2008) comenta que no Brasil, a produção de etanol, a partir de mandioca, gera discussão e comparação com a cana-de-açúcar que sempre foi referência de matéria-prima para produção de etanol concorrendo com vantagens

econômicas significativas. No entanto, a mandioca destaca-se com vantagens em relação à cana-de-açúcar e ao milho, quando a análise for da capacidade energética das operações de cultivo, do processamento e das repercussões no agroecossistema. Mesmo apresentado potencial na geração de etanol, a mandioca continua ausente nos debates públicos sobre biocombustíveis, não é considerada nos orçamentos das instituições públicas agrícolas, nos financiamentos e não é prioridade entre as pesquisas, diferente da cana-de-açúcar e do milho.

Para Santana (2007), a mandioca, em comparação com a cana-de-açúcar, não concorre com igualdade na produção de etanol, devido à baixa produtividade da mandioca, pouco mais de 13t/ha ano e necessitar de transformação dos amidos para açúcares fermentescíveis.

Para Santana (2007), a cana-de-açúcar tem sua superioridade em decorrência da comparação realizada com a mandioca sobre a quantidade de açúcar e etanol produzidos em um hectare de área cultivada por unidade de tempo e, além disso, os açúcares fermentáveis são diretamente metabolizados pela levedura alcoólica, ao contrário da mandioca que necessita de hidrólise prévia para obtenção do mosto.

Para Ostrowski et al. (2006), a produção de etanol, a partir de mandioca, não difere à fabricação a partir de cereais, seguindo uma linha industrial. Tendo como principais operações na manufatura do álcool industrial, a partir de mandioca, pelo processo de hidrólise do amido, são:

- a) Pesagem / Lavagem / Descascamento: Após serem pesadas, as raízes são lavadas e descascadas para a eliminação de impurezas que afetam de forma negativa o processo.
- b) Desintegração: A mandioca é ralada para aumentar a superfície de contato entre as partículas e o calor no processo de hidrólise.
- c) Sacarificação: Realizada através do uso de ácido mineral (HCl) ou enzimas comerciais (alfa-amilase e amiloglicosidase).
- d) Fermentação: A fermentação é o processo bioquímico, que ocorre no citoplasma de levedura alcoólica responsável pela transformação de açúcar em álcool etílico.
- e) Destilação: A destilação é o processo de separação de componentes de uma mistura, numa dada temperatura e pressão. A mistura é aquecida até a ebulição, sendo que os vapores são resfriados até a condensação. No

processo de fabricação de álcool, a partir da mandioca, o líquido a ser destilado é o mosto fermentado ou vinho.

A destilação é classificada em contínuo ou descontínuo, conhecidos como bateladas. Para a produção em indústrias, geralmente utiliza-se o processo em colunas de destilação contínuas, compostas por uma série de caldeiras superpostas, chamadas de pratos ou bandejas (OSTROWSKI et al., 2006).

Santana (2007), em sua pesquisa, realizou um balanço de massa da produção de álcool de mandioca. Baseou-se em 13 t/ha dados da produção média brasileira, com os dados da composição da mandioca e dos rendimentos do álcool médios obtidos no estudo para *Saccharomyces cerevisiae* (40,4%) e *Saccharomyces diastaticus* (38,4%), estabeleceu-se o balanço da massa, conforme figura 2.

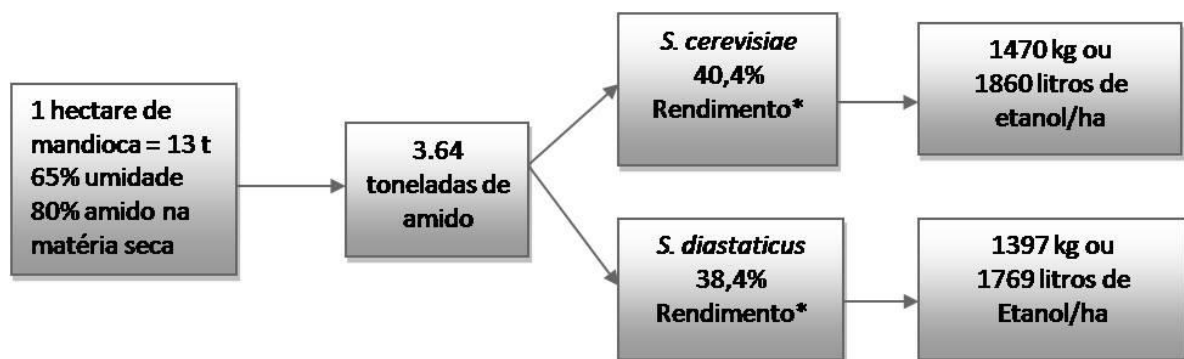


Figura 2 - Balanço de massa da produção de álcool a partir de amido da mandioca.
Fonte: Santana (2007, p.94) * Rendimento de processo

Ainda, para Santana (2007), apesar de considerada baixa produtividade por hectare plantado, a mandioca apresenta maior produtividade de etanol por tonelada de matéria-prima que a cana-de-açúcar. Conforme os dados apresentados na figura 2, seriam obtidos aproximadamente 143 litros de etanol por tonelada de matéria-prima e 511 litros por tonelada de amido.

A mandioca apresenta um teor médio de umidade de 60%, o bagaço de cana-de-açúcar de 5% e o milho de 13%. Os rendimentos seriam bem mais próximos, se os valores fossem expressos em base seca, caracterizando uma maior concorrência tecnológica da mandioca em relação às demais fontes referidas (SANTANA, 2007).

A necessidade de transformação do amido em açúcar eleva os custos da produção, principalmente os gastos com energia e insumos utilizados no processo (SANTANA, 2007).

Muitos estudos têm sido aperfeiçoados visando a desenvolver métodos para reduzir o consumo de enzimas amilolíticas necessárias no processo. A redução dos custos é um objetivo evidente para a produção de álcool de fontes amiláceas (SANTANA, 2007, KLOSOWSKI et al., 2006).

Um estudo realizado por Atthasampunna et al. (1987), com a utilização de baixas temperaturas de cozimento do amido da mandioca, seguido de uma dupla ação enzimática e testando dois processos de destilação, evitou o desperdício de mais de 40% do consumo de vapor, devido à utilização de cozimento de baixa temperatura e escolha de sistemas de destilação sob pressão no processo de produção de etanol. O rendimento do etanol anidro obteve variação com base no teor de amido quando utilizado raízes frescas na faixa de temperatura variando de 185 a 200 litros por tonelada de matéria-prima.

2.3 Cultivo da Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca é uma importante fonte de carboidratos e baixo custo, um alimento básico para 500 milhões de pessoas. Produz em solos de baixa produtividade, utilizando o mínimo de insumos por safra, onde outras culturas não apresentam rendimentos consideráveis. Embora possa produzir com poucos recursos, o rendimento ideal acontece em solos com níveis adequados de fertilidade (KUIPER, 2007).

Para Conceição (1981), a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura proporciona informação aos produtores e técnicos que são resultados sendo de pesquisas no campo da mandiocultura, com o objetivo de resolver problemas, aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, relacionado a todas as regiões do Brasil, visto o interesse que a planta vem despertando no Brasil e outros países.

2.3.1 Pré – Plantio

Como o principal produto da mandioca são as raízes, o solo deve ser leve, solto, de boa drenagem, profundo, livre de encharcamento e de boa fertilidade (CONCEIÇÃO, 1981). Sendo que alguns produtores utilizam-se de solos com fertilidade baixa, por acreditar que a mandioca é uma “planta de terra fraca”, por esta cultura proporcionar uma colheita, onde outras plantas teriam maiores dificuldades, devido ao desenvolvimento e profundidade alcançada pelas raízes, conseguindo explorar um volume maior de terra. Enquanto os solos com alta fertilidade podem proporcionar maior rendimento na colheita.

Para Fukuda e Outsubo (2003), a mandioca possui uma produtividade maior em solos de alta fertilidade, embora rendimentos satisfatórios sejam obtidos em solos com degradação física e com baixos teores de nutrientes, onde outras culturas exigiriam um solo com alta fertilidade, sendo que os solos de tabuleiros bem preparados, melhorados pela calagem e adubação podem oferecer boas colheitas.

2.3.1.1 Preparo do Solo

Conceição (1981), ressalta que o preparo do solo é uma das principais operações agrícolas, sobretudo que a cultura em questão é de ciclo curto, o preparo do solo é à base das operações subsequentes, como o sulcamento, plantio, tratamentos culturais e colheita.

Segundo Fukuda e Outsubo (2003), o preparo do solo melhora a qualidade física do solo para o crescimento das manivas, engrossamento do sistema radicular e desenvolvimento das partes vegetativas, mediante o aumento da aeração e da infiltração de água e a redução da resistência ao crescimento das raízes, auxilia no controle de plantas invasoras e a incorporar e disponibilizar nutrientes para as plantas.

O preparo do solo deve ser o menor possível, apenas o suficiente para a acomodação da cultura e para o desenvolvimento do sistema radicular. A orientação para o plantio é o uso de curvas de nível (SOUZA e FREITAS, 2003).

2.3.1.2 Correção do Solo

Para Fukuda e Outsubo (2003), inicialmente, deve-se realizar a análise do solo para saber as condições do mesmo, após aplicar o calcário e os adubos de acordo com as necessidades e recomendações para a cultura, o que permitirá melhor crescimento das plantas, cobrindo mais rapidamente o solo.

Quando o pH está abaixo de 5,0 é indispensável à calagem, utilizando como corretivo o calcário dolomítico, que funciona como fonte de cálcio e magnésio, além de melhorar as condições químicas do solo, age sobre as suas propriedades físicas, constituindo garantia para um melhor aproveitamento dos adubos (CONCEIÇÃO, 1981).

2.3.1.3 Aplicação de Cloreto de Potássio

A aplicação do potássio (K_2O), em solos arenosos deve ser fracionado, 50% na cova junto do superfosfato de 20 a 40 kg de cloreto de potássio por hectare e o restante em cobertura junto ao nitrogênio de 30 a 40 dias após o plantio (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

2.3.1.4 Aplicação de Calcário

Para a Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária (CONCEIÇÃO, 1981), a aplicação de calcário, de modo geral, não tem conseguido aumentar a produção da cultura, mesmo em solos ácidos. A planta somente responde à aplicação do calcário após vários cultivos na mesma área, o cálcio e magnésio presentes no composto correspondem ao terceiro e quinto nutriente mais absorvido pela planta não podendo exceder uma tonelada por hectare.

A aplicação pode ser feita em qualquer época do ano, devendo-se utilizar o calcário dolomítico, que contém Ca e Mg (cálcio e magnésio). O calcário deve ser

aplicado a lanço em toda a área, de modo uniforme e incorporado a 20 cm ou mais, sendo importante que anteceda o plantio de um a dois meses, para dar tempo de reagir no solo (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

2.3.1.5 Época de Plantio

Para Fukuda e Outsubo (2003), a época de plantio é determinada pelas condições climáticas, isso ocorre devido a grande extensão territorial do Brasil e das diferenças entre regiões, o plantio ocorre em diferentes épocas, planta-se a mandioca no início da estação chuvosa, coincidindo com o reinício ou sequência do período quente. Nessas condições, reúnem-se as duas condições essenciais de natureza climática, umidade e calor para brotação e o enraizamento das estacas plantadas.

Visando a garantir um fornecimento contínuo de matéria-prima para o processamento industrial é necessário combinar as épocas de plantio com os ciclos das cultivares e com as épocas de colheita, (FUKUDA e OUTSUBO, 2003). Sendo que, segundo Emater (2006), para o Rio Grande do Sul, recomenda-se o plantio das manivas de 15 de agosto a 15 de setembro.

2.3.2 Plantio

2.3.2.1 Seleção e Preparo das Manivas

A seleção e preparo do material de plantio são pontos importantes para um bom rendimento da cultura da mandioca etapa essa que utiliza poucos recursos. O plantio é realizado com manivas que são parte das hastes ou ramos do terço médio da planta, com mais ou menos 20 cm de comprimento e com 5 a 7 gemas (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

Na seleção do material de plantio, alguns aspectos fitossanitários e agrônômicos devem ser considerados para o sucesso da plantação, como, por exemplo, a seleção de ramos saudáveis, livres de pragas e doenças, o preparo do solo com inspeções constantes evitando áreas com ocorrência de bacteriose, broca da haste, ácaros, percevejo de renda, considerando a disseminação de patógenos que é maior nas culturas vegetativas (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

Os aspectos agrônômicos, apesar de simples, devem ser observados para se obter o rendimento esperado, escolha da cultivar, seleção de ramos, conservação de ramos, seleção e preparo das manivas e quantidade de manivas, estes cuidados resultam em aumento de produção do mandiocal, muitas vezes, sem acréscimo ao custo de produção (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

2.3.2.2 Adubação

Conforme Silva e Ferreira Filho (2007), para o cultivar da mandioca, realiza-se a adubação fosfatada, aplicando-se a dose total no fundo dos sulcos, nitrogênio e potássio são aplicados em cobertura, sendo a primeira aplicação realizada aos 45 dias após a emergência e as demais após a realização de cada corte. As fontes de NPK pode ser uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, dependendo da disponibilidade e custo do produtor rural. As doses de NPK no solo por hectare podem variar de acordo com a variedade plantada e dos resultados das análises químicas do solo.

Segundo estudos de Fidalski (1999), a adubação fosfatada aumenta significativamente a produção de raízes de mandioca em 28% e 39%, com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtendo a resposta máxima da produção. Essas melhorias na produção de raízes de mandioca têm relação com os baixos teores de P no solo no momento do plantio. A adubação fosfatada elevou os teores de P no solo após a colheita de raízes de mandioca em relação aos teores originais no solo.

A mandioca responde bem à aplicação de adubos orgânicos, como, esterco, tortas, compostos, adubos verdes e outros, que devem ser aplicados nas covas, sulcos ou a lanço, no plantio ou com alguns dias de antecedência para que ocorra fermentação (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

2.3.2.3 Espaçamento do Plantio

Fukuda e Outsubo (2003) comentam que o espaçamento depende da fertilidade do solo, do porte, da variedade, se o objetivo da produção é raízes ou ramas, dos tratos culturais e se a colheita é manual ou mecanizada.

Vários tipos de espaçamento foram experimentados para a mandioca, sendo que, de maneira geral, recomendam-se os espaçamentos de 1,00 x 0,50 m e 1,00 x 0,60 m, em fileiras simples, e 2,00 x 0,60 x 0,60 m, em fileiras duplas. Em solos mais férteis, deve-se aumentar a distância entre fileiras simples para 1,20 m (FUKUDA e OUTSUBO, 2003).

2.3.3 Tratos Culturais

2.3.3.1 Aplicação de Uréia

Para Conceição (1981), a aplicação para cobertura é empregada após o plantio com 30 a 40 dias, em plantios comerciais, procede-se em cobertura com 30 Kg de nitrogênio, (65 Kg de uréia ou sulfato de amônio 150 Kg/ha).

A uréia é recomendada para o período chuvoso, por ser mais volátil, porém no caso de ocorrência de veranicos, recomenda-se o sulfato de amônia. Outra grande diferença entre essas duas fontes é o frete, pois para transportar 40 kg de N e a fonte for o sulfato de amônia, necessitaria de 2,25 vezes o volume se a fonte fosse a uréia (SOUZA e FREITAS, 2003).

2.3.3.2 Capinas

Para Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), (2006), a cultura da mandioca costuma sentir a concorrência das ervas daninhas nos quatro

primeiros meses do ciclo (a partir de 20 dias após a brotação), por isso, durante os 100 primeiros dias, a planta deve estar livre da interferência dessas plantas invasoras.

O controle de ervas daninha é feito à enxada, exigindo o número suficiente de capinas para manter a lavoura livre de ervas daninhas, o recomendado são duas capinas no período de 100 dias ou através do emprego de cultivador mecanizado ou através do uso de herbicidas (EMATER, 2006).

2.3.4 Consorciação com outra cultivar

Cada vez mais os pequenos e médios produtores de regiões tropicais utilizam os sistemas de cultivo múltiplos ou policultivos. Fukuda e Otsubo, (2003, p.7), apresentam algumas vantagens da utilização desses sistemas, como: “promover maior estabilidade da produção, melhorar a utilização da terra, melhorar a exploração de água e nutrientes, melhorando a utilização da força e trabalho, aumentando a eficiência no controle de ervas daninhas”, obtendo melhores resultados com as cultivares, além de representar mais uma fonte de renda.

Portanto, a mandioca apresenta-se como alternativa de consorte, devido ao ciclo vegetativo longo, crescimento lento e folhas e estatura média. O plantio na mesma área deve aproveitar o espaço da lavoura o mais conveniente possível, visando uma baixa competição entre as culturas (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

2.3.5 Colheita

Para Fraife Filho e Siqueira (2008), como cada variedade tem um ciclo a colheita deve ser iniciada de acordo. A colheita pode ser realizada com o auxílio de equipamentos se caracterizando como mecanizada ou através do arranquio das raízes manualmente.

Segundo Cereda e Vilpoux (2003), as raízes da mandioca precisam ser processadas logo após a colheita, por serem extremamente perecíveis,

apresentando alterações severas no que tange ao escurecimento e à ação das enzimas, deste modo elas devem ser processadas em no máximo 36 horas após sua colheita para não comprometer a qualidade dos produtos.

2.3.6 Equipamentos envolvidos no cultivo da mandioca

A década de 90 alavancou o desenvolvimento de melhores máquinas para plantio e colheita da mandioca em pequenas médias propriedades. Esses implementos permitem que pequenas áreas possam ser expandidas de tamanho pelo aumento da produtividade da área cultivada (VALLE, FELTRAN e CARVALHO, 2009).

Os equipamentos utilizados no cultivo da mandioca auxiliam na preparação do solo, agilidade no plantio das manivas e obtenção de melhores resultados de produtividade.

Alguns dos equipamentos utilizados no cultivo da mandioca são utilizados em outras culturas, por não serem específicos para a mandioca.

As máquinas plantadeiras de mandioca existentes no mercado podem ser utilizadas para pequenos e grandes produtores. A indústria de equipamentos agrícolas Planti Center desenvolveu uma plantadeira específica para o plantio das manivas, no sistema convencional ou no plantio direto, dependendo das condições do terreno. Existem no mercado plantadeiras com 2 e 4 linhas (ZANELLA e RHODEN, 2006).

A poda das ramas pode ser realizada manual, ou com o auxílio de implementos. Para a colheita, pode ser utilizado o afofador equipamento utilizado para facilitar o arranquio das raízes do solo, com posterior utilização de arrancador mecanizado (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

2.3.7 Transporte das raízes para indústria

Conforme Valle, Feltran e Carvalho (2009), as raízes de mandioca têm entre 60 a 70% de água e grande parte desta pode ser eliminada com técnicas simples, de baixo custo, já conhecidas utilizadas em outros países. Esta tecnologia é voltada para agricultores que agregam valor ao produto em pequenas propriedades, também podendo ser utilizadas em áreas maiores, necessitando ajustes e desenvolvimento de projetos piloto voltados para o desenvolvimento de máquinas e processos baseados na realidade brasileira. O transporte da rama pode ser analisado de forma similar em sistemas que optem pela utilização de rama como insumo energético ou para a produção de etanol de segunda geração, ou seja, a partir de celulose.

2.4 Industrialização da mandioca para produção de etanol

2.4.1 Processamento da mandioca

A produção de etanol de mandioca pode ser feita empregando os tubérculos inteiros ou somente a fécula, previamente extraída. A extração do amido pode ser realizada empregando, por exemplo, o processo desenvolvido pela Alfa Laval (FAO, 2004) ou por um processo tradicional para instalações de pequeno ou médio porte.

Entretanto, quando se considera a produção em pequena escala, o mais indicado seria a utilização do tubérculo de uma forma integral, sem a separação do amido, pois o custo de processamento seria inferior. Porém, o processamento da mandioca deverá ser realizado no máximo dentro de 3 dias, pois sua elevada umidade, na faixa de 70%, leva a uma deterioração muito rápida (SÁNCHEZ e CARDONA, 2008). Segundo Sanches, uma solução seria a picar a mandioca em pequenos pedaços e secá-la ao sol, por períodos de até 3 dias, quando presente em torno de 14% de umidade e 65% de amido.

2.4.2 Recepção da matéria prima

Existe a utilização de diferentes sistemas em cada país, segundo Cereda e Vilpoux (2003), as fecularias de mandioca tailandeses e chineses depositam sua matéria-prima em pátio de concreto, onde ficam até entrar no processo. Pelo fato dos produtores serem de pequeno porte utiliza-se no transporte para entrega da mandioca caminhões basculantes, nos casos de maior quantidade são utilizadas carretas e, no caso de alguns pequenos produtores é realizado por pequenos tratores.

No Brasil, na maioria das vezes são utilizados sistemas de descarregamento por plataforma basculante ou o uso de garfos para arrastar a mandioca de dentro do caminhão. As raízes são armazenadas em silos que permite separar mandioca por ordem de chegada, pois a retirada é feita pelo fundo onde fica a matéria-prima que chegou primeiro. Os silos não prejudicam sua qualidade, dependem em especial de uma boa administração do sistema de abastecimento (CEREDA e VILPOUX, 2003).

2.4.3 Operação de limpeza

Em algumas indústrias brasileiras, é adotado como primeira etapa do processo o descascamento das raízes. O processo de limpeza das raízes de mandioca deve ser realizado a seco, permitindo desta maneira, a fácil recuperação da terra e de parte da casca, sem que estas sejam misturadas à água, como no descascamento úmido (CEREDA e VILPOUX, 2003).

Neste processo de limpeza das raízes, alguns resíduos são gerados. Esses resíduos para Cereda (1994), são partes que constituem a própria planta, gerados em função do processo empregado. Vários fatores contribuem para a quantidade e qualidade dos resíduos, tais como a cultivar, idade da planta, tempo após colheita, tipo e regulagem do equipamento.

Para Cereda (1994), o resíduo principal da limpeza das raízes no descascador é a casca marrom e esta se equipara tecnicamente à epiderme (com variação entre 2-5% do peso total das raízes). As cascas podem ser tratadas através

de digestão anaeróbica podendo ser facilmente utilizadas como alimentação animal ou até mesmo adubo. Sabe-se também, que a mandioca pode passar por um pré-descascador semelhante ao descascador servindo como transporte para a esteira.

2.4.4 Trituração das raízes de mandioca

A moagem é uma das principais etapas do processo, nela acontece a extração do amido. Destaca-se que existem dois tipos de amido no farelo final: aquele que se encontra dentro das células vegetais que não foram raladas, chamado de amido ligado, e aquele aparentemente livre, que se encontra fora das células. Ambos dependem de uma moagem eficiente para serem recuperados. O processo pode ser realizado em raladores, constituídos de tambores com serras ou moinho de martelo (CEREDA e VILPOUX, 2003).

2.4.5 Preparo do mosto e tratamento enzimático

Segundo Marafante, (1993), mosto é uma solução apta a sofrer a fermentação alcoólica, deve apresentar uma concentração de açúcar que seja compatível com a categoria e composição da matéria-prima, a concentração é medida em graus *brix*. Amidos podem ser hidrolisados via enzimática e química.

2.4.6 Fermentação alcoólica

O processo de transformação do açúcar em álcool, por ação de levedura, é denominado fermentação alcoólica. A sacarose é um dos açúcares mais complexos, isto é, composto de uma molécula de glucose e uma de frutose, antes de ser transformada em álcool deverá ser desdobrada nos seus componentes mais

simples, pois a levedura não é capaz de utilizá-la em sua forma integral. Essa degradação da sacarose é denominada hidrólise (MARAFANTE, 1993).

Conforme Marafante (1993), na fermentação alcoólica, a transformação de uma molécula de glucose até o etanol e CO₂ (oxidação) libera uma quantidade de energia, das quais uma parte é desprendida com o calor e o restante é armazenado como energia química na forma de trifosfato de adenosina (ATP). Por esta razão, durante o processo de fermentação, há uma elevação na temperatura, por isso deve retirar o calor, para manter a temperatura na faixa ótima para a atividade da levedura alcoólica, a qual deve ser de 32 a 35°C.

2.4.7 Leveduras alcoólicas

Cereda e Vilpoux (2003) salientam duas espécies principais, produtoras de etanol, sendo elas as do gênero *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Pichia*, entre outras.

Tecnologicamente, a levedura é utilizada de forma comercial na produção de etanol devido ao seu rendimento e produtividade. Sabe-se que além da rápida conversão ao álcool, a produção de elementos secundários também é muito baixa, viabilizando a produção.

A mesma espécie – a *Saccharomyces cerevisiae* – utilizada na produção de pães, também pode ser utilizada na levedura alcoólica, gerando bebidas alcoólicas e etanol, por exemplo. Do mesmo modo, sua biomassa pode ser recuperada e transformada em levedura seca (subproduto) que poderá servir como suplemento vitamínico ou ração animal. (CEREDA e VILPOUX, 2003).

2.4.8 Destilação

O vinho de fermentação é encaminhado para destilação, que pode ser contínua ou batelada. Essa operação irá gerar duas correntes, uma contendo o álcool e outra contendo o vinhoto. Esse último pode ser tratado por digestão

anaeróbia para produzir biogás, que pode ser usado para produzir energia para o processo. No entanto, a quantidade de vapor gerado pela queima do biogás não é suficiente para cobrir as necessidades energéticas do processo sendo necessário a queima de outro combustível (DAÍ et al., 2006).

Segundo Marafante (1993), a destilação é o processo que se utiliza da diferença da temperatura de ebulição para promover a separação de um ou mais componentes voláteis de uma mistura líquida e homogênea, com objetivo de separar o álcool etílico nele contido através de colunas de destilação.

O painel de destilação facilita o controle de operações, pois as temperaturas são indicadas pelos termômetros, o grau alcoólico é indicado pelos decímetros e a produção é indicada pelo rotômetro que controla a vazão do vapor e a válvulas da alimentação de vinho (MARAFANTE, 1993).

2.5 Gerenciamento de Custos

2.5.1 Critérios de alocação de custos

Segundo Bornia (2002, p. 125): “A alocação dos custos deve representar o consumo dos insumos pelas atividades da melhor maneira possível.” A maior dificuldade de alocação são os recursos indiretos. Outro termo, utilizado para se referir à distribuição dos custos, é rastreamento, a fim de ressaltar o respeito ao real consumo dos recursos contrapondo-se ao rateio dos sistemas tradicionais, que é entendida como uma distribuição sem critérios. Quanto mais detalhadas as atividades, mais difícil será o cálculo do custo das mesmas. Para Horngren, Foster e Datar (2000, p. 331): “Os administradores devem primeiramente escolher o objetivo principal de uma determinada alocação de custo e, em seguida, selecionar o critério adequado para implementá-la.” Alocação de custos é um problema de quase todas organizações pois a falta de planejamento para isso ainda é grande.

Segundo Horngren, Foster e Datar (2000, p. 331): “Um custo é alocável se ele for atribuível ou transferível a um ou mais objetos de custo, de acordo com as vantagens relativas recebidas ou outra relação eqüitativa.” Há critérios de causa e

efeito (onde os gestores identificam variáveis que causam o consumo de recursos), vantagens obtidas (os custos dos objetos de custo são distribuídos entre os beneficiários na proporção das vantagens recebidas por cada um deles), imparcialidade ou equidade (quando a alocação dos custos é a base para o estabelecimento de um preço satisfatório tanto para o governo quanto para o seu fornecedor) e a capacidade de absorção (defende a alocação de custos na proporção da capacidade do objeto de custo de suportá-los).

2.6 Sistemas de custeio

2.6.1 Filosofias de custeios

Para Bornia (2002), existem várias formas de abordar a análise de um sistema de custeio, uma delas é quando analisamos se o tipo de informação gerada é adequado às necessidades da empresa e quais seriam as informações importantes que deveriam ser fornecidas sendo relacionada com os objetivos do sistema, pois a relevância das informações depende de sua finalidade, essa abordagem é denominada princípio de custeio. Um segundo ponto de discussão é quando se leva em conta a parte operacional, ou seja, como os dados são processados para a obtenção das informações: os métodos de custeio. Antes de alocar os custos de um produto, é necessário analisar qual é a parcela destes custos que deve ser levada em consideração. Essa etapa, anterior ao método, relaciona-se com os princípios de custeio. A diferença dos custos (fixos e variáveis) e a separação dos desperdícios da parcela ideal dos custos serão utilizadas para a identificação dos princípios de custeio.

O sistema de custos deve estar, segundo Bornia (2002, p. 52-53), em sintonia com o sistema de gestão, para que as informações geradas produzam bons resultados. Dessa forma o sistema de custos deve adaptar às necessidades do sistema de gestão, a fim de que os gerentes sejam capazes de utilizar plenamente as informações fornecidas. Para enfrentar a competição das empresas modernas, é necessário que a empresa se adapte a essa situação, desenvolvendo princípios e

métodos apropriados ao novo contexto, devendo acompanhar a evolução do mercado, sob pena de se tornar inútil, ou pior, fornecer informações que levem a decisões incorretas.

2.6.2 Métodos de custeio

A escolha de um método de custeio dentro das empresas é de fundamental importância. As empresas não devem se deter em definir os custos por porcentagem ou por chutes (como uma grande maioria do comércio e indústrias ainda fazem). A utilização de um método para análise e cálculo real desses custos de produção ou de venda auxilia no momento de decisão. Atribuir um custo a um determinado objeto significa identificar todos os consumos de materiais, de mão-de-obra, de equipamentos, de serviços e seus respectivos valores econômicos, necessários para a obtenção do produto ou do serviço final. Custos é transformar bens e serviços em outros produtos e serviços. Os métodos surgiram devido a obtenção de valores a serem atribuídos ao objeto de estudo. Segundo Gitman (1997, p. 339): “É difícil determinar o melhor método para se avaliar dispêndios de capital, pois os pontos fortes dos métodos, tanto na teoria quanto na prática, são diferentes.”

Para Gitman (1997), existe também como calcular os custos de produção, através da totalidade de custos incorridos na produção durante determinado período de tempo. É composto por três elementos: materiais diretos (todo material que se integra ao produto acabado e que possa ser incluído diretamente no cálculo do custo do produto, como: embalagens), mão-de-obra direta (é o custo que qualquer trabalho executado no produto alterando a forma e natureza do material que se compõe) e os custos indiretos de fabricação (são os outros demais custos necessários para a operação da fábrica, porém genéricos demais para serem apropriados diretamente ao produto).

2.6.3 Tipos de custeio

Existem inúmeros métodos de custeio, ente eles pode-se destacar:

a) O custeio por absorção – também designado como custeio integral. Consiste na apropriação de todos custos de produção (diretos e indiretos, fixos e variáveis) pelos produtos e serviços produzidos dentro do ciclo operacional interno. Os custos vão para o ativo de forma que os produtos só podem ser considerados despesas ao ocorrer a venda do produto. Esse sistema, segundo Bornia (2002, p. 55), “se relaciona com a avaliação dos estoques, ou seja, com o uso da contabilidade de custos como apêndice da contabilidade financeira, que se presta para gerar informações para usuários externos à empresa.” Todos os gastos relativos ao esforço de fabricação são distribuídos (rateados) para todos os produtos feitos.

b) O custeio direto ou variável – o custo final do produto (ou serviço) será a soma do custo variável, dividido pela produção correspondente, sendo os custos fixos considerados diretamente no resultado do exercício. O custeio direto ou variável apresenta, sobre a modalidade anterior, significativas vantagens no que diz respeito à apuração dos resultados financeiros gerados pelos diferentes produtos da empresa e às decisões gerenciais. O custeio direto toma em consideração, para custeamento dos produtos da empresa, apenas os gastos variáveis. A empresa que deseja adotá-lo deve fazer um controle e relatórios de forma distinta. As restrições legais desse método são: ter um sistema de custo contábil e uma sistemática de apuração paralela. As características do método são: Divisão dos custos em dois grupos principais: fixos e variáveis (eventualmente podem ser necessários criar as categorias intermediárias de semifixos ou semivariáveis); Atribuir ao custo final dos produtos somente os custos variáveis, obtendo-se, assim, um custo final variável dos produtos. A diferença do custo variável com a Receita de vendas é chamada de Margem de Contribuição. Gerencialmente, os custos fixos são considerados integralmente como redutores do resultado, não se ativando os mesmos em estoques. Desta forma, no custeio direto ou variável, o cálculo dos custos finais por produto são computados somente os custos variáveis. Os custos fixos são considerados como despesas, levadas integralmente ao resultado do período, por

não serem considerados como elementos componentes do custo dos produtos. Obtém-se assim, o custo final variável dos produtos (BORNIA, 2002).

c) O custeio por atividade – O custeio ABC (*Activity Based Costing*) é um método de custeio que está baseado nas atividades que a empresa efetua no processo de fabricação de seus produtos. Voltada à análise de custos de atividades, seus direcionadores, objetos de custos focada para um tratamento especial de custos indiretos e sua junção com a metodologia: Unidade de Produção (BORNIA, 2002).

2.6.4 Custeio Baseado em Atividades (Método ABC)

O método ABC (do inglês *Activity Based Costing*), também chamado de Custeio Baseado em Atividades é determinado pelo próprio nome, em atividades da organização. Para isto, Ching (2001, p.39) conceitua que as “atividades se caracterizam pelo consumo de recursos para produzir como resultado produto ou serviço”.

Os métodos de custeio tratam da operacionalização das informações dos sistemas de custos. Tratam de forma específica do cálculo dos custos dos produtos. Devido aos custos diretos, por definição, não apresentarem dificuldade para serem identificados com os produtos, podendo entender o princípio de método como sendo a distribuição dos custos indiretos ao produto (BATALLA et al., 2008).

Beulke e Bertó (2006) definem alguns fatores que influenciam o desenvolvimento do sistema ABC devido a uma série de mudanças que ocorreram no mundo empresarial. O primeiro fator é a informática, que provocou mudanças nos sistemas gerenciais de informações nas organizações para a tomada de decisões, onde a operacionalização do sistema ABC é praticamente inviável sem a existência da informática.

Destaca-se ainda o incremento na estrutura de custos e despesas fixas, que, segundo Beulke e Bertó (2006), deve-se a fatores como a automação empresarial e ao aumento da estrutura de despesas fixas, em setores indiretos, especialmente de características administrativas.

Outro aspecto relevante para a formação do sistema ABC é a globalização da economia, onde Beulke e Bertó (p. 36, 2006) afirmam que “o preço de venda é cada vez mais uma função de mercado e menos de custo”, fazendo com que as organizações se tornem mais eficientes nos seus custos para se manterem competitivas no mercado.

E, por último, Beulke e Bertó (2006) visualizaram o fator da mudança nos modelos de produção, onde as organizações deixaram de ter pensamentos de produção em massa que visavam a volumes em escala e produtividade e passaram a adotar características distintas para seu produto, como o *Marketing*, exigências do consumidor, público-alvo, entre outros.

Todo modelo ou ferramenta é criado devido a alguma necessidade das organizações se adequarem às mudanças e exigências do mercado, todos com um ou mais objetivos a serem cumpridos, podendo se aprimorar e se tornarem ferramentas que ajudem as organizações terem uma melhor gestão de seus negócios e se manterem competitivas no mercado. O ABC, segundo Dutra (2008, p. 234) “se originou na tentativa de melhorar a qualidade da informação contábil para a tomada de decisões, principalmente com relação à produtividade da força de trabalho e à definição do *mix* ideal de produção”.

O ABC é uma ferramenta de análise de custeio que surgiu na década de 60 como resultado de uma pesquisa realizada pela General Eletric, a partir daí se originou uma metodologia desenvolvida e aprimorada para a sua melhor utilização e adequação dos custos indiretos (DUTRA, 2008).

Segundo Ribeiro et al. (2006), o método de custeio ABC se distingue em quatro gerações e evoluções. A primeira geração se caracterizou pelo foco principal em custos, onde se mensurava os recursos (*input*) a elas envolvidos e obtendo os custos associados aos produtos (*output*).

A segunda geração esteve voltada para a identificação dos processos com as atividades, que permitem uma melhor visão da organização, das rotinas e subsidia a definição dos direcionadores.

Já a terceira geração se caracterizou pela implantação na Análise de Agregação de Valor com o objetivo de separar as atividades que não agregam valor aos negócios tornando as organizações mais competitivas. E por último a quarta geração que está sendo definida pela quantidade e diferentes maneiras com que novas abordagens vêm sendo construídas. (RIBEIRO et al, 2006)

Segundo Gomes e Pamplona (2008, p.3), “a importância que se dá à utilização do sistema de custeio ABC é em virtude do mesmo não ser apenas um sistema que atribui valor aos estoques, mas também proporciona informações gerenciais que auxiliam os tomadores de decisão”.

Ainda para Ching (2001, p.40), “o ABC permite balancear adequadamente a demanda e o fornecimento de recursos disponíveis por parte da empresa e mostram detalhadamente os recursos consumidos pelas atividades através de um mapa”.

Para Dutra (2008, p. 234) “o método ABC atribui aos objetivos de custeio - produtos, serviços, clientes, etc. - todos os custos e despesas, sendo os diretos pró apropriação e os indiretos rastreados por direcionadores de custos”.

Conforme Batalha et al. (2008), do ponto de vista do método, o ABC pretende tornar o cálculo dos custos dos produtos mais acurados. As etapas do ABC para cálculo dos custos dos produtos: mapear as atividades; alocar os custos às atividades; redistribuir os custos das atividades indiretas até às diretas; calcular os custos dos produtos.

O ABC busca identificar as relações existentes entre produtos e atividades e atividades e recursos, conforme figura 3. “Os produtos para serem gerados fazem uso de atividades. As atividades para serem executadas consomem recursos. O consumo dos recursos é o verdadeiro gerador de custos” (DIEHL, 2002, p.1).

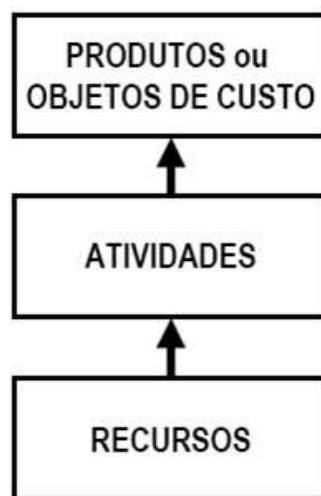


Figura 3 – Lógica da ABC
Fonte: Diehl, 2002.

Basicamente, para se atribuir os custos indiretos de produção (bens ou serviços), utilizando-se o ABC, devem-se cumprir as seguintes etapas, (DIEHL, 2002):

- a) identificar as atividades relevantes dentro da organização;
- b) levantar os gastos da atividade para que possa efetuar as suas funções (mão-de-obra, material de escritório, energia elétrica, etc);
- c) estudar quais são os prováveis direcionadores de cada atividade, ou seja o indicador de quem é o usuário que está consumindo o serviço de cada atividade (ex: solicitação de serviço, solicitação de compra, de movimentação de materiais, número de funcionários, etc)
- d) subdivisão dos custos e despesas indiretos a cada produto de acordo com a proporção obtida com os direcionadores.

2.6.5 Utilizações do método de custeio ABC

O método de custeio ABC pode ser empregado em diversas áreas e segmentos, buscou-se apresentar algumas das aplicações práticas desse método.

Um estudo de Glick, Blackmore, Zelman (2000) apresenta a utilização do custeio ABC para procedimentos clínicos. Foi desenvolvido um modelo de simulação para medir os custos de uma emergência. O método fornece informações mais completas do que através de utilização de análises convencionais.

Conforme Manalo e Manalo (2010), em estudo realizado com o ABC para explorar a forma como os componentes de produtos e serviços têm desenvolvido um quadro ligando, qualidade, custos e entrega. A idéia é inovadora no âmbito de que todos os custos da atividade são considerados como custos variáveis, e os custos do produto originam-se da atividade usando direcionadores de custo.

Estudo de aplicação do Custeio ABC em uma microempresa de móveis que atua na fabricação de móveis modulados. Para que a aplicação do método ABC pudesse ser evidenciada logo no início, foi necessário repensar a estrutura organizacional da empresa em centro de custos, permitindo uma melhor identificação e acumulação dos gastos incorridos pela execução das atividades.

Com a implantação do ABC, houve melhoria na gestão de custos de uma linha de três produtos (NEGRÃO, ICHIHARA e LUCENA, 2007).

Miranda et al. (2007), apresenta um estudo que teve como objetivo conhecer empiricamente a utilização do método de custeio ABC em hospitais universitários e de ensino brasileiros. O estudo levantou conclusões importantes, como: Os sistemas de custos atuais dos hospitais possuem poucas condições de fornecer informações úteis à gestão; o custeio ABC é bastante conhecido, mas o número de usuários ainda é pequeno: apenas 15% da amostra; porém existe expectativa por parte de 44% dos hospitais com relação ao uso futuro da abordagem. Os principais motivos apresentados para a não-utilização do método ABC foram: o sistema utilizado atende às necessidades da organização e o ABC é muito complexo.

Estudo realizado por Gomes e Pamplona (2008) tratou da análise de variações dos custos através de ABC, unindo com conceito de custeio padrão para controlar os custos de cada atividade do processo em uma indústria de autopeças. Os resultados do estudo apresentam a análise de variações, aplicada ao ABC, possibilitando o controle minucioso dos processos industriais por meio dos custos das atividades, como identificar pontos de melhoria no decorrer do processo produtivo, direcionando as ações gerenciais para diminuir os custos, aperfeiçoar o uso dos recursos, melhorar o desempenho e, com o objetivo aumentar a lucratividade.

Assis et al. (2005) realizaram estudo, apresentando como objetivo levantar as possíveis diferenças entre valores dos preços de vendas que são praticados pelas organizações em estudo, levantando os custos dos produtos através do Custeio ABC e, após o preço de venda, foi calculado através da utilização da filosofia de custeio RKW (*Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit*). Tendo também o estudo como objetivo de levantar as modificações necessárias para a implantação do método nas organizações pesquisadas.

3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo se refere à prática de obtenção do etanol a partir da mandioca com o levantamento dos custos relativos ao cultivo da matéria-prima e à produção do etanol mediante utilização do método de Custeio com Base em Atividades (ABC) e à análise da viabilidade econômica da produção e, também, à comparação com outras cultivares.

A presente pesquisa busca obter conhecimentos para solucionar os problemas com a coleta e análise de dados, caracterizando-se como pesquisa de campo. Para Oliveira (2004, p. 124), a pesquisa de campo “consiste na observação dos fatos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados e no registro de variáveis presumivelmente para posteriores análises”.

No que se refere à abordagem, a pesquisa tem caráter quantitativo por tratar com valores e números para determinação dos custos da produção do etanol a partir da mandioca. Mensuração essa, desde o pré-plantio, plantio, colheita e transporte e processamento.

O ato de mensurar variáveis de pesquisa é a característica mais marcante da abordagem quantitativa, onde o pesquisador não interfere ou pouco interfere nas variáveis da pesquisa, a mensuração é uma consequência natural (MIGUEL, 2010).

Quanto aos objetivos, a pesquisa se caracteriza de natureza exploratória. A pesquisa exploratória consiste no aprofundamento de conceitos preliminares sobre determinada temática não contemplada de modo satisfatório anteriormente, buscando incorporar características inéditas, bem como buscar novas dimensões até então não conhecidas (RAUPP e BEUREN, 2006).

As técnicas utilizadas para coleta de dados compreendem o método de custeio ABC, entrevista para levantamento de dados e informações, verificação “in loco” e a pesquisa de campo.

Os dados foram analisados pelo método de custeio ABC em três etapas principais: identificação das atividades relevantes para o cultivo, colheita, transporte e processamento da mandioca, alocação dos custos de cada função e atividades, bem como a definição dos direcionadores de cada atividade do processo produtivo.

A metodologia utilizada está descrita em quatro fases.

3.1 Fases da pesquisa

As fases pertencentes a este estudo são apresentadas na figura 4.

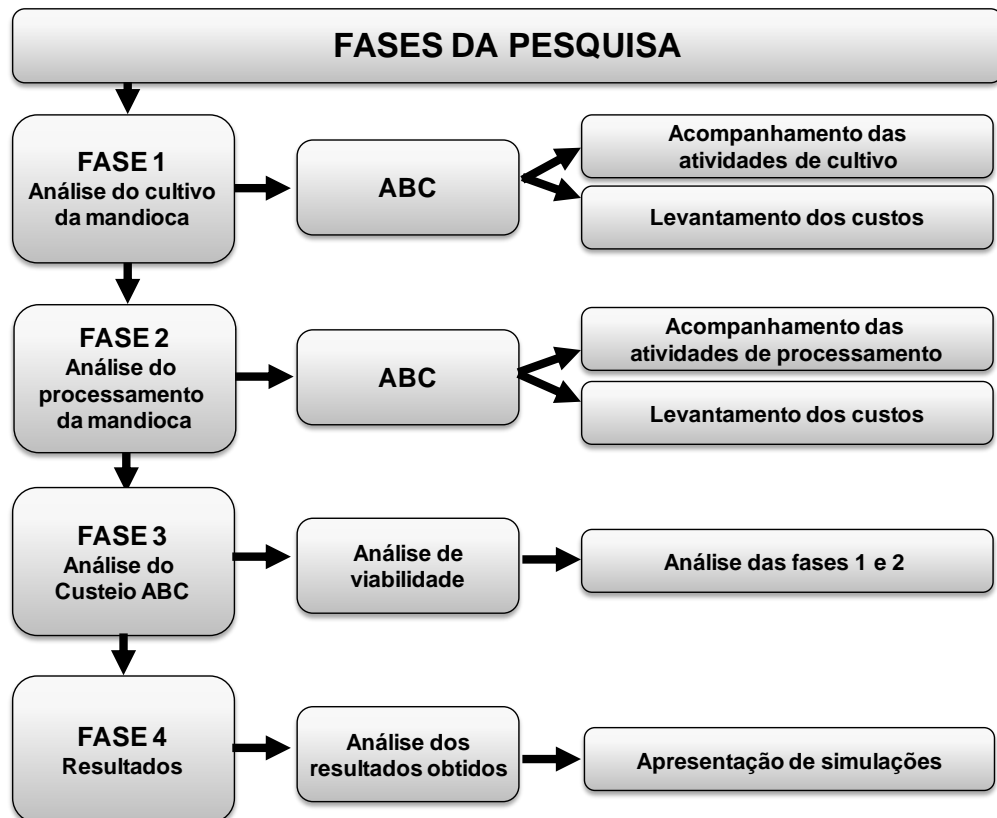


Figura 4 – Fases de elaboração da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa, 2011

3.1.1 Primeira fase: Cultivo da mandioca

A primeira fase consiste na análise e levantamento dos dados do cultivo de 1 hectare de mandioca.

Para aplicar o sistema de custeio ABC, inicialmente, foram identificadas as atividades envolvidas no cultivo da mandioca. Para isso, optou-se por dados reais de produtores da região de Santa Maria - RS.

O campo de ação compreende uma pequena propriedade rural que localiza-se na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com Lovato, Evangelista e Gullich (2005, p. 26) “... a delimitação do universo consiste em explicar que pessoas, coisas serão pesquisados”. É um conjunto sobre o qual será feita alguma inferência, sendo que seus componentes deverão possuir alguma característica em comum.

Assim, a população do presente estudo compreende uma propriedade rural individual de passo da capivara, considerada pela EMATER (2011) do município como uma das maiores propriedade com cultivo de mandioca localizada na mesorregião Central Riograndense.

A mesorregião central do Estado do Rio Grande do Sul divide-se em oriental e ocidental e conta com 30 municípios divididos em três microrregiões que podem ser observados, juntamente com sua distribuição geográfica na região citada, na figura 5 (BRASIL CHANNEL, 2011)

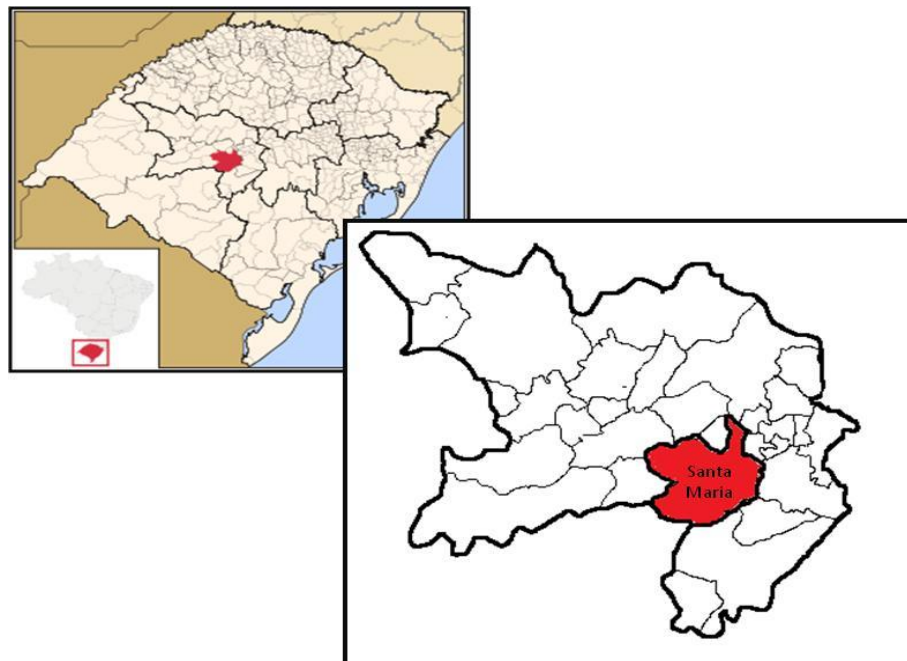


Figura 5 - Mapa do Rio Grande do Sul e da Mesorregião Centro-Occidental
Fonte: adaptado de Brasil Channel, 2011

As variedades de mandioca cultivadas na propriedade rural em estudo são as variedades conhecidas popularmente como “vassourinha” e “pessegueiro”.

Com o auxílio de equipamentos agrícolas, prepara-se o solo para o recebimento das manivas. No primeiro momento, é dessecada a área de plantio, logo é realizada a aração e gradagem. No segundo ano de plantio, não há necessidade de aração e gradagem.

As manivas são armazenadas no local de plantio e selecionadas no momento da poda, ficando disponíveis para o plantio, que ocorre entre os meses de agosto e dezembro, com o auxílio de uma máquina plantadeira de mandioca que dispõe de compartimento para o adubo espalhado no momento do plantio.

As ervas daninhas podem afetar o plantio. Quando a brotação atinge aproximadamente 25 cm de altura, é realizada uma capina, depois de algumas semanas, se necessário, realiza-se outra capina.

A poda é realizada antes da geada. Após a queda das folhas, as ramas são armazenadas na área de plantio na posição horizontal, em montes de 30 cm de altura, cobertos com a parte superior da rama e solo, para proteger do frio e da geada.

A colheita é realizada manualmente. As raízes são retiradas das cepas, com objeto de corte e selecionadas em caixas com 20 Kg cada. O transporte das caixas é realizado com auxílio de carreta até a propriedade e caminhão até o comércio ou indústria.

Após conhecer o processo e identificar as atividades e respectivas funções do cultivo da mandioca, iniciou-se a verificação dos gastos no cultivo, colheita e transporte da cultivar.

Após o levantamento dos gastos, foram identificados os direcionadores das atividades, os quais apontam como o produto consome os recursos da atividade.

A última etapa do custeio por atividades é obter o custo do produto.

Para melhor análise dos dados coletados, utilizou-se o método de custeio ABC, formatado em planilhas do *Software Excel*®.

Buscando obter um resultado mais próximo da realidade das pequenas propriedades rurais, foram considerados os dados de produtividade dos anos de 2010 e 2011, pois estes anos apresentam diferenças significativas para o resultado do cálculo de custeio ABC.

3.1.2 Segunda fase: processamento da mandioca

A segunda fase da pesquisa acontece na usina de álcool da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, no estado do Rio Grande do Sul, onde a coleta dos dados ocorreu através do acompanhamento do recebimento e processamento da mandioca até obtenção do etanol. Para aplicar o sistema de custeio ABC, foi necessário acompanhar o processo e identificar as atividades envolvidas no processo de produção de etanol, empregando mandioca como matéria-prima.

Nesta fase, foram apresentados dados da variedade da mandioca processada - a IAC 90 - que apresenta ótima produtividade e se adapta aos sistemas de produção da Região Central do Rio Grande do Sul. A quantidade de matéria-prima processada foi de 1000 kg. A matéria-prima foi caracterizada quanto aos seus teores de umidade e de amido.

Inicialmente, a mandioca foi pesada, e, em seguida, lavada para a remoção de sujidades presentes na matéria-prima, sendo os resíduos gerados separados e quantificados por meio de balança.

A matéria-prima lavada foi encaminhada com auxílio de esteira transportadora até um moedor de facas para redução de tamanho. A malha empregada no moedor foi de 4 mm, para se obter o tamanho de partícula considerada suficiente para as próximas etapas de processamento. A matéria-prima moída foi encaminhada ao tanque de sacarificação com auxílio de bomba centrífuga acoplada à saída do moedor.

Para produzir álcool a partir do amido da mandioca, torna-se necessária realizar a gelificação do amido com a posterior dextrinização e sacarificação em açúcares, que posteriormente serão submetidos à fermentação alcoólica. Como os agentes de fermentação não apresentam enzimas amilolíticas, é necessário sacarificar os amiláceos. A sacarificação é o processo de transformação do amido ou fécula infermentescível em açúcares fermentescíveis.

Neste estudo, o cozimento e tratamento enzimático da mandioca foi realizado em tanque de aço carbono, com capacidade de 2000 litros, provido de sistema de injeção direta de vapor e serpentina para refrigeração. A quantidade de água adicionada ao meio foi determinada com base no teor de amido presente na matéria-

prima, de forma que o teor de açúcar no mosto de fermentação permaneça na faixa de 15 a 18 gramas/litro, valor considerado ideal para realizar a fermentação.

Após diluição, o pH do meio foi corrigido para 5 e procedeu-se a adição da enzima α -amilase e iniciou-se o processo de aquecimento, por injeção direta de vapor, até a temperatura de 100°C, mantendo o aquecimento nesta temperatura por um período de 10 minutos, tempo necessário para quebrar os cristais de amido presentes no amido da mandioca. Na sequência, procedeu-se o resfriamento do sistema para 60° C. Quando esta temperatura foi atingida, adicionou-se a segunda enzima, a gluco-amilase, com a finalidade de transformar os materiais presentes no meio em açúcar fermentescível, sendo que esta temperatura foi mantida por 120 minutos, tempo suficiente para ação da enzima.

Para acompanhamento das transformações que ocorrem no sistema, foram realizadas as seguintes análises: teor de amido residual, teores de açúcares totais e fermentescíveis.

A fermentação do hidrolisado ocorreu em reator do tipo batelada com capacidade útil para 2.000 litros, dotado de sistema de controle de temperatura. A temperatura de fermentação manteve-se na ordem de $30 \pm 2^\circ\text{C}$. Para proceder a fermentação, utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* em uma concentração de 1 grama de matéria seca por litro de mosto. A fermentação foi mantida por um período de 24 horas. Para acompanhamento do andamento da fermentação, foram coletadas amostras após 8h, 12h e 24 horas de fermentação e determinado o teor de açúcar residual e o teor alcoólico.

Os sólidos presentes no vinho foram separados por filtração centrífuga. Quantificou-se o teor de sólidos presentes no vinho e o teor de umidade presente dos sólidos.

O etanol presente no mosto de fermentação foi separado utilizando coluna de destilação contínua, com capacidade de processamento de 400 litros/hora de vinho e geração de 30 a 35 litros de etanol por hora. O produto de topo, álcool hidratado, e o produto de fundo, vinhoto, foram caracterizados quanto ao teor alcoólico.

Após conhecer o processo, identificar as atividades e respectivas funções do processamento da mandioca, iniciou-se a verificação dos gastos no recebimento, pesagem, trituração, tratamento enzimático, fermentação e destilação.

Com o levantamento dos gastos realizados, foram identificados os direcionadores das atividades, os quais apontam como o produto consome os recursos da atividade.

A última etapa do custeio por atividades é obter o custeio do produto.

Para melhor análise dos dados coletados, utilizou-se o método de custeio ABC, formatado em planilhas do *Software Excel*®.

Buscando obter um resultado mais próximo da realidade da produção de etanol em pequenas unidades de processamento, para a pesquisa foram considerados os custos de processamento de 3.000 Kg de mandioca, ou seja 3 bateladas de 1.000 Kg cada. Este valor representa a capacidade máxima de produção da miniusina onde os dados foram levantados.

3.1.3 Terceira fase: Análise dos dados

Após obter os resultados da primeira e segunda fase, foi possível analisar os dados levantados na pesquisa.

3.1.4 Quarta fase: Resultados

Os resultados são apresentados em três fases de acordo com o capítulo 4, inicialmente, são apresentados os resultados do cultivo de mandioca na propriedade de Passo da Capivara, Santa Maria – RS dos anos de 2010 e 2011. Após, são apresentados os resultados do processamento da mandioca para obtenção de etanol na usina de álcool da UFSM e, por fim, a análise desses resultados.

3.2 Aspectos éticos

Todos os procedimentos realizados durante a pesquisa primam pela preservação da identidade dos participantes, ou seja, não haverá nenhuma menção ao nome do proprietário sem prévia autorização. Nomes, fontes de pesquisa e informações que possam remeter a alguma fonte pesquisada são divulgados com a devida autorização dos respondentes mediante autorização por escrito contendo assinatura, local e data.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para elaboração deste estudo, foi realizada uma entrevista com um produtor de pequena propriedade rural da localidade de Passo da Capivara em Santa Maria – RS e acompanhado o processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na usina de álcool da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM até a obtenção do etanol. Nesse contexto, este capítulo apresenta os resultados alcançados pela pesquisa.

Os resultados serão apresentados em três etapas. A primeira etapa é a análise dos custos do cultivo, colheita e transporte da mandioca, a segunda etapa é a análise dos custos do processamento da matéria-prima para a produção do etanol, na terceira etapa, são apresentadas as análises desses custos.

4.1 Custos do cultivo da mandioca

Conforme Souza e Freitas (2003), pesquisadores da EMBRAPA, a determinação dos custos de produção é um importante instrumento na tomada de decisão no setor rural. Pode parecer simples, porém, elaborar estimativas de custos de produção, ou também chamados orçamentos de custo não é uma tarefa muito fácil.

Os dados apresentados são do custo real de uma pequena propriedade rural de Santa Maria – RS, que cultivava mandioca para consumo humano. Neste processo, existem aspectos envolvidos que são de difícil avaliação por parte do produtor. Devido a esses fatores, os valores apresentados, para o sistema de produção, possui referência a coeficientes médios.

4.1.1 Descrição das etapas de cultivo, colheita e transporte da mandioca

A primeira etapa desta pesquisa foi identificar as atividades relevantes do cultivo, colheita e transporte da matéria-prima em estudo, conforme figura 6, que ilustra o fluxograma destas atividades.

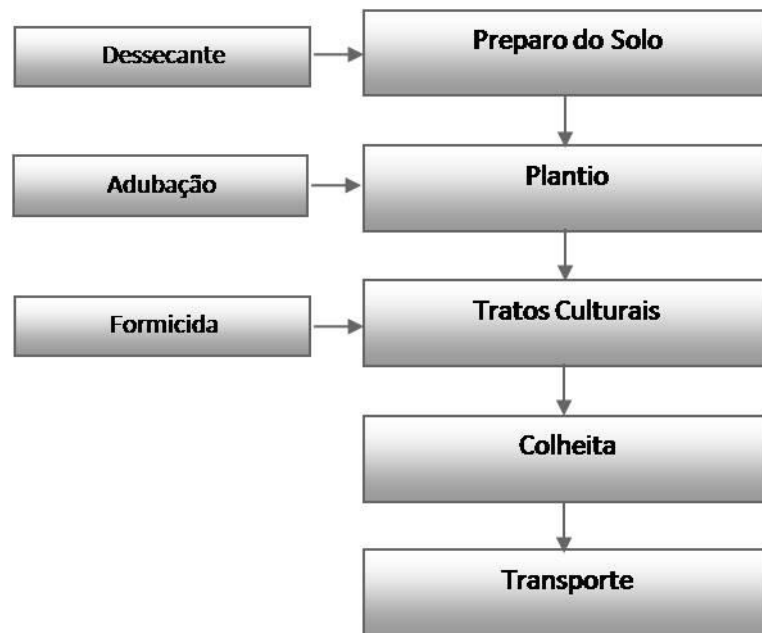


Figura 6 – Fluxograma do cultivo de mandioca
Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Após identificar as etapas (Figura 6), as mesmas são descritas detalhadamente no decorrer deste capítulo.

4.1.1.1 Visão geral da propriedade

A propriedade estudada dispõe de 15 ha, onde 9 ha são destinados ao cultivo de mandioca das variedades conhecidas popularmente como vassourinha e pessegueiro para fins de comércio e alimentação dos animais (Figura 7).



Figura 7 - Plantação de mandioca
Fonte: Arquivo do autor, 2011

A forma de armazenar as manivas permite que tenha ventilação e que a água da chuva não fique depositada sobre o material podendo causar o apodrecimento das ramas (Figura 8).



Figura 8 - Armazenamento das ramas de mandioca na posição horizontal.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

4.1.1.2 Preparo do Solo

A escolha da época de plantio auxilia na redução de plantas daninhas. O plantio normalmente é feito no início da estação chuvosa, nessa época a umidade e o clima são essenciais. Inicia-se o plantio em agosto e vai até dezembro, tendo mandioca de diversos períodos para melhor atender o comércio. No caso do fornecimento para a indústria, o plantio pode ser realizado todo no mesmo momento.

O preparo do solo é realizado para melhorar as condições físicas do mesmo para o recebimento das manivas, com o objetivo de obter boa brotação, crescimento e engrossamento do sistema radicular.

4.1.1.3 Plantio

A utilização de herbicida pós-emergente é necessária antes do plantio para deixar a área a ser cultivada livre de ervas daninhas no momento do plantio.

O plantio das manivas é realizado com uma plantadeira de mandioca hidráulica de 2 linhas com um rendimento de 8 ha dia, podendo chegar a 10 ha dependendo do comprimento das ramas. As manivas são cortadas de tamanhos uniformes 13,5 ou 18 cm através de facas especiais, as quais não danificam as manivas. São necessários 3 pessoas para o plantio, sendo que duas ficam na máquina abastecendo o plantador com as ramas, e um tratorista (Figura 9). A máquina plantadeira de mandioca já é utilizada na propriedade há 4 anos. Nesse período, percebeu-se as diversas vantagens e benefícios trazidos pelo equipamento, destacando-se a redução dos custos de mão-de-obra, agilidade, economia de tempo, maior precisão e qualidade no plantio, além de garantir melhor ventilação do solo.

A adubação utilizada no plantio fica acondicionada em um reservatório de polietileno anti-corrosivo, sendo distribuído, no momento do plantio, por um sistema de rosca sem fim, com dosagem regulada, garantindo maior precisão de distribuição. A composição do adubo utilizado é NPK 5-20-20, 5% nitrogênio, 20% fósforo e 20% potássio. A adubação permite obter maiores rendimentos no cultivo.



Figura 9 - Plantadeira de mandioca 2 linhas
Fonte: Bazuca 2 linhas, planti center, 2011

4.1.1.4 Tratos culturais

A cultura da mandioca pode ser afetada com a concorrência das ervas daninhas. Quando a brotação atinge aproximadamente 25 cm de altura, é realizada a primeira capina com a mesma capinadeira utilizada para a cultura do milho. Se for observado um número elevado de ervas daninhas existentes no plantio, deve-se avaliar a necessidade de nova capina, para garantir que as ervas daninhas não comprometam a brotação da mandioca.

São realizadas aplicações de formicidas sempre que necessário, no mínimo uma vez durante o período em que a cultivar estiver plantada, servindo para impedir o ataque de formigas na plantação.

4.1.1.5 Colheita

A colheita inicia em janeiro e pode se estender até o final do ano, dependendo da época de plantio e da variedade cultivada. O processo de arranquio é realizado

manualmente, conforme a demanda do comércio, ou no caso da indústria de processamento de amido ou álcool, a colheita pode ser realizada continuamente no mesmo período. O ideal para a produção de álcool é quando a planta tenha atingido o máximo da produção de raízes e com elevado teor de amido. A figura 10 ilustra a colheita manual, onde é possível observar que já ocorreu a queda das folhas.



Figura 10 - Colheita manual
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Depois de colhidas, as raízes são retiradas das cepas, conforme figura 11, com utilização de objeto de corte.



Figura 11 - Retirada das raízes das cepas de mandioca.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Como a propriedade atende ao comércio com a venda *in natura* das raízes, as mesmas, após serem retiradas das cepas e selecionadas, são acondicionadas para o transporte em caixas com 20 kg cada, conforme, figura 12. No caso da indústria de processamento de álcool, não se faz necessário ter um padrão de tamanho e aparência, aproveitando ao máximo as raízes.



Figura 12 - Caixas na lavoura, prontas para transporte.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Conforme acompanhamento na propriedade rural, no caso da venda da mandioca *in natura* para o comércio, há uma perda estimada na seleção das raízes de aproximadamente 28%, onde são descartadas as raízes menores e também as que apresentarem defeitos (Tabela 3). Na propriedade rural analisada, as raízes descartadas para o comércio são utilizadas na alimentação animal. No caso da utilização da mandioca como matéria-prima para a indústria, essa perda não é considerada, devido a não ser considerado especificidades defeituosas para o processamento.

Tabela 3 – Perda mensal de colheita

PERDA MENSAL DA COLHEITA				
Semana	Dia Semana	Qtde colhida/kg	Qtde de refugo/kg	Qtde vendida/kg
1ª Semana	Domingo	3060	979	2081
	Terça	4280	1498	2782
	Quinta	2420	460	1960
2ª Semana	Domingo	4440	888	3552
	Terça	4000	920	3080
	Quinta	2800	980	1820
3ª Semana	Domingo	4760	952	3808
	Terça	3840	1152	2688
	Quinta	3200	1088	2112
4ª Semana	Domingo	4800	1536	3264
	Terça	3800	874	2926
	Quinta	2300	736	1564
Total kg		43700	12063	31637

Fonte: Dados da pesquisa, 2011

Na tabela 3, são apresentados dados semanais (domingo, terça e quinta) da colheita na propriedade rural analisada, durante o período de 1 mês. Os dados estão expressos em kg. Portanto, no período de um mês, são colhidas 2185 caixas de mandioca, ou seja, 43.700 kg, dessas, 603 caixas ou 12.063 Kg de mandioca são considerados refugo para a venda no comércio.

4.1.1.6 Transporte

O transporte das caixas de mandioca é realizado com uma carreta da lavoura até a propriedade, após utiliza-se um caminhão para transportar até o comércio ou indústria, conforme ilustra as figura 13 e figura 14.



Figura 13 - Transporte com a carreta da lavoura até a propriedade

Fonte: Arquivo do autor, 2011



Figura 14 - Caixas carregadas no caminhão para o transporte.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

4.1.2 Produtividade

Fatores como, época de plantio, espaçamento, variedade, adubação, tratamentos culturais influenciam na produtividade e rendimento da cultura. Na propriedade, foi obtido no ano de 2010 uma produtividade de aproximadamente 20.000 kg por ha, nesse ano de 2011, considerando o comportamento climático adequado para o cultivar, até a finalização desta pesquisa, a produtividade aproximada chegou a 30.000 kg por ha. No caso da pesquisa, obtiveram-se dados de dois anos extremos, ou seja, de baixa produtividade e super safra.

A figura 15 refere-se à colheita do ano de 2011, onde é possível observar a grande quantidade de raízes por cepa, que reflete nos dados do rendimento por hectare colhido.



Figura 15 – Cepas com raízes de mandioca no momento da colheita
Fonte: Arquivo do autor, 2011.

Os procedimentos descritos neste estudo baseiam-se em orientações que o produtor rural obteve ao longo dos 30 anos em que sua propriedade rural possui cultivo da mandioca para o comércio.

Na próxima etapa, é realizada a análise do processamento e levantamento dos custos de produção de etanol através da utilização da mandioca como matéria-prima.

4.1.3 Determinação dos custos por etapa de cultivo

Foram coletados dados dos anos de 2010 e 2011, dos custos do cultivo de 1 hectare de mandioca e produtividade, considerando 2010 como sendo um ano de baixa produtividade, onde o clima não foi favorável e as grandes quantidades de chuvas nesse período auxiliaram para uma baixa produtividade. Considerando o ano de 2011 como uma supersafra, onde o clima se manteve adequado para obter bons resultados.

Após acompanhar todas as etapas do cultivo, colheita e transporte do cultivar, iniciou-se a identificação das atividades relevantes e respectivas funções, baseando-se em dados de 2010 e 2011 de uma pequena propriedade rural.

As atividades e suas funções estão relacionadas na tabela 4.

Tabela 4 – Atividades e funções do cultivo da mandioca

ATIVIDADES	FUNÇÕES
INSUMOS	• Manivas
	• Dessecante
	• Fertilizante
	• Formicida
PREPARO DO SOLO	• Aplicação de dessecante
	• Aração
	• Gradagem
PLANTIO	• Aplicação de fertilizante
	• Preparo de manivas
	• Plantio
TRATOS CULTURAIS	• Capinas mecanizadas
	• Poda das ramas
	• Armazenamento das ramas
	• Aplicação de formicida
COLHEITA	• Colheita
TRANSPORTE	• Transporte

Definida as atividades e respectivas funções torna-se necessário definir os custos do cultivo de 1 hectare de mandioca para cada atividade. Apresentados valores da média dos custos dos anos de 2010 e 2011.

As tabelas 5 a 10 apresentam detalhadas todas as funções, quantidades, valor unitário e valor total de cada atividade e quanto cada uma dessas atividades representa em percentual. As quantidades estão apresentadas por unidade de medida padrão, tais como, mão-de-obra, litros, horas.

Quanto ao adubo para o plantio das manivas, o preço base utilizado foi da empresa DAB Fertilizantes de junho de 2011.

As manivas utilizadas para o plantio são armazenadas de um ano para o outro, para a base de cálculo utilizou-se dados da EMATER de Santa Maria – RS.

Na tabela 5 apresenta-se detalhes dos insumos utilizados para o cultivo da mandioca.

Tabela 5 - Detalhamento dos custos dos insumos do cultivo de 1 hectare de mandioca

INSUMOS			
Funções	Qtde utilizada em Kg	R\$ do Kg	R\$ Total
Manivas	28	18,00	504,00
Dessecante	3	5,50	16,50
Fertilizante	300	48,80	244,00
Formicida	1	12,00	12,00
R\$ Subtotal			776,50

Fica evidenciado na tabela 5 que os insumos compreendem R\$ 776,50 (setecentos e setenta e seis reais e cinquenta centavos) dos custos do cultivo de 1 hectare de mandioca.

Para o cálculo da mão-de-obra, foi utilizado como base o piso salarial do estado do Rio Grande do Sul para trabalhador agrícola polivalente, conforme função e atribuições, considerando os encargos sociais (2,7 % INSS e 8% FGTS), 13º salário e férias.

Nos equipamentos agrícolas que utilizam combustível do tipo diesel como insumo de movimentação nos processos de cultivo, colheita e transporte da mandioca, foi utilizado como fonte de valor/litro a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, o preço médio de 14 postos de Santa Maria – RS, no período de 12 de junho de 2011 a 18 de junho de 2011.

A tabela 6 apresenta o detalhamento dos custos do preparo de 1 hectare de solo para o cultivo da mandioca na propriedade rural estudada.

Tabela 6 – Detalhamento dos custos do preparo de 1 hectare de solo

PREPARO DO SOLO					
Funções	Horas trator/ha	Litros consumidos/ha	Qtde litros	R\$ litro diesel	R\$ Total
Aplicação desseccante	0,33	6	1,98	2,07	4,10
Aração	3	6	18	2,07	37,26
Gradagem	2	8	16	2,07	33,12
Funções	Horas/ha	Mão-de-obra/ha	Qtde horas trabalhadas	R\$ mão-de-obra	R\$ Total
Aplicação desseccante	0,33	1	0,33	7,03	2,32
Aração	3	1	3	7,03	21,08
Gradagem	2	1	2	7,03	14,05
R\$ Subtotal					111,93

O preparo do solo, mesmo apresentando diversas funções, representa um gasto de R\$ 111,93 (cento e onze reais e noventa e três centavos) dos custos do plantio da mandioca (Tabela 6).

Na tabela 7, detalha-se todas as etapas da atividade de plantio de 1 hectare de mandioca.

Tabela 7 – Detalhamento dos custos de plantio de 1 hectare de mandioca

PLANTIO					
Funções	Horas trator/ha	Litros consumidos/ha	Qtde litros	R\$ litro diesel	R\$ Total
Plantio	1,5	6	9	2,07	18,63
Funções	Horas/ha	Mão-de-obra/ha	Qtde horas trabalhadas	R\$ mão-de-obra	R\$ Total
Plantio trator	1,5	1	1,5	7,03	10,54
Plantio máquina	1,5	2	3	3,61	10,84
R\$ Subtotal					40,02

O plantio é a atividade que representa o menor valor de participação nos custos do cultivo da mandioca, representando utilização de R\$ 40,02 (quarenta reais e dois centavos), (Tabela 7).

A tabela 8 detalha as diversas funções da atividade de tratos culturais, apresentando os custos envolvidos em 1 hectare de cultivo.

Tabela 8 – Detalhamento dos custos dos tratos culturais para o cultivo de 1 hectare de mandioca

TRATOS CULTURAIS					
Funções	Horas trator/ha	Litros consumidos/ha	Qtde litros	R\$ litro diesel	R\$ Total
Capina Mecanizada 1	0,5	10	5	2,07	10,35
Capina Mecanizada 2	0,5	10	5	2,07	10,35
Funções	Horas/ha	Mão-de-obra/ha	Qtde horas trabalhadas	R\$ mão-de-obra	R\$ Total
Capina Mecanizada 1	0,5	1	0,5	7,03	3,51
Capina Mecanizada 2	0,5	1	0,5	7,03	3,51
Poda	4	1	4	3,61	14,46
Armazenamento do material de plantio	4	2	8	3,61	28,92
Aplicação de formicida	1	1	1	3,61	3,61
R\$ Subtotal					74,72

A atividade tratos culturais representa sobre os custos do cultivo da mandioca um total de R\$ 74,72 (setenta e quatro reais e setenta e dois centavos), (Tabela 8).

São despendidos gastos na atividade de colheita apenas com mão-de-obra devido ao arranquio ser manual conforme tabela 9.

Tabela 9 – Detalhamento dos custos da colheita manual de 1 hectare de mandioca

COLHEITA					
Funções	Horas/ha	Mão-de-obra/ha	Qtde horas trabalhadas	R\$ mão-de-obra	R\$ Total
Colheita	8	4	32	3,61	115,68
R\$ Subtotal					115,68

A atividade de colheita consome R\$ 115,68 (cento e quinze reais e sessenta e oito centavos) do custo total do cultivar (Tabela 9).

Os gastos considerados para a atividade de transporte são baseados no deslocamento da lavoura até a unidade de processamento de etanol (Tabela 10).

Tabela 10 – Detalhamento dos custos do transporte da mandioca até a unidade de processamento

TRANSPORTE					
Funções	Horas trator/ha	Litros consumidos/ha	Qtde litros	R\$ litro diesel	R\$ Total
Transporte	2	5	10	2,07	20,70
Funções	Horas/ha	Mão-de-obra/ha	Qtde horas trabalhadas	R\$ mão-de-obra	R\$ Total
Transporte	4	2	8	5,32	42,57
R\$ Subtotal					63,27

Os gastos com transporte consomem R\$ 63,27 (sessenta e três reais e vinte e sete centavos) dos gastos com a cultura (Tabela 10).

Após definir os custos das atividades e funções, do cultivo de 1 hectare de mandioca torna-se necessário alocá-los conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 11 - Distribuição dos custos para o cultivo de 1 hectare de mandioca

DESCRIÇÃO DAS DESPESAS	INSUMOS	PREPARO DO SOLO	PLANTIO	TRATOS CULTURAIS	COLHEITA	TRANSPORTE
Manivas	R\$ 504,00					
Dessecante	R\$ 16,50					
Fertilizante	R\$ 244,00					
Formicida	R\$ 12,00					
Aplicação de dessecante		R\$ 6,42				
Aração		R\$ 58,34				
Gradagem		R\$ 47,17				
Plantio			R\$ 40,02			
Capinas mecanizada				R\$ 27,73		
Poda das ramas				R\$ 14,46		
Armazenamento das ramas				R\$ 28,92		
Aplicação de formicida				R\$ 3,61		
Colheita					R\$ 115,68	
Transporte						R\$ 63,27
Subtotal - Custos Transferidos	R\$ 776,50	R\$ 111,93	R\$ 40,02	R\$ 74,72	R\$ 115,68	R\$ 63,27
% de participação	66%	10%	3%	6%	10%	5%

O custo total das atividades é de R\$ 1.182,12 (um mil cento e oitenta e dois reais e doze centavos) contemplando os gastos envolvidos nas atividades de cultivo de 1 hectare de mandioca, sendo que nos insumos são gastos 66%, representando mais da metade dos custos com o cultivo. O preparo do solo e a colheita consomem 10%, os tratos culturais consomem 6%, o transporte consome 5% e o plantio representa somente 3% dos custos (Tabela 11).

Na tabela 12 apresenta-se os custos do cultivo de 1 hectare de mandioca separados por elementos de despesa.

Tabela 12 – Resumo dos elementos de despesa

Elemento de despesa	R\$ Total	%
Insumos	776,50	66
Mão-de-obra	271,11	23
Combustível	134,51	11
Total	1.182,12	100

Considerando os custos por elementos de despesa, os insumos representam 66% dos custos do cultivo, a mão-de-obra 23% e os gastos com combustível representam 11% (Tabela 12).

A terceira fase do ABC é definir os direcionadores dessas atividades, tornando-se necessário um estudo dos custos, conforme tabela 13. Para os insumos o critério kg foi definido para distribuição dos direcionadores, preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e transporte o critério é número de horas de cada atividade.

Tabela 13 – Direcionadores dos custos para o cultivo de 1 hectare de mandioca

ATIVIDADES		INSUMOS					
Insumos	Critério nº Kg	PREPARO DO SOLO					
Preparo do Solo	303	Critério nº Horas	PLANTIO				
Plantio	28	0,66	Critério nº Horas	TRATOS CULTURAIS			
Tratos culturais	1	3	2	Critério nº Horas	COLHEITA		
Colheita	0	3	3	5	Critério nº Horas	TRANSPORTE	Unidades Produzidas
Transporte	0	2	1	8	15	Critério nº Horas	Un. Produzidas (kg)
Produto A	0	2	0	2	17	18	25000
Total	332	10,66	6	15	32	18	25000

Depois de levantados os custos das atividades e elementos de despesa, foram definidos os direcionadores (Tabela 13). Na atividade insumos o critério

definido foi kg, onde o preparo do solo utiliza 303 kg entre fertilizante e dessecante, no plantio 28 kg de manivas e 1 kg de formicida para os tratos culturais. Nas demais atividades o critério utilizado é o número de horas gastos para realizar cada atividade.

4.1.2.1 Depreciação dos equipamentos

Os dados referentes aos valores dos equipamentos foram coletados junto ao proprietário, permitindo obter os custos da depreciação dos ativos imobilizados, para alcançar uma maior precisão no levantamento dos custos da produção. Segundo a Receita Federal, art. 305 do RIR/99, considera-se um desgaste de 10% ao ano, com isso no período de 10 anos, o equipamento estará depreciado (Tabela 14).

Tabela 14 – Valor hora de depreciação dos equipamentos

Equipamento	R\$ dos equipamentos	% de dep. ao ano*	R\$ dep. por ano**	Horas trab. por ano***	R\$ dep. por hora trab.****
Trator Massey 275	87.000,00	10	8.700,00	2304	3,78
Pulverizador	6.000,00	10	600,00	2304	0,26
Arado	2.000,00	10	200,00	2304	0,09
Grade	8.000,00	10	800,00	2304	0,35
Plantadeira de mandioca	12.000,00	10	1.200,00	2304	0,52
Capinadeira	4.000,00	10	400,00	2304	0,17
Carretão	5.000,00	10	500,00	2304	0,22
Caminhão	110.000,00	10	11.000,00	2304	4,77

* O percentual de depreciação do equipamento em um ano é de 10%;

**Valor que o equipamento depreciará em um ano de utilização, considerando 10% do valor do equipamento;

***Considerando que os equipamentos operem 8 horas por dia, 24 dias do mês no período de 1 ano, resulta nas horas trabalhadas por ano;

****Valor da hora de depreciação do equipamento.

Os equipamentos ao longo do tempo com o uso na produção perdem valor. Considerando para o cálculo que os equipamentos operam 8 horas por dia, 24 dias no mês no período de 12 meses, obteve-se o custo de depreciação por hora de trabalho (Tabela 14).

Esses valores permitiram o cálculo da depreciação dos equipamentos para o cultivo de 1 hectare de mandioca, apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Custo da depreciação dos equipamentos por hectare

DEPRECIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS			
Equipamentos	Horas trabalhadas com o equipamento*	R\$ depreciação por hora**	R\$ total
Trator Massey 275	7,83	3,78	29,57
Pulverizador	0,33	0,26	0,09
Arado	3	0,09	0,26
Grade	2	0,35	0,69
Plantadeira de Mandioca	1,5	0,52	0,78
Capinadeira	1	0,17	0,17
Carreta	1,5	0,22	0,33
Caminhão	2	4,77	9,55
Total			41,44

*Horas que o equipamento operou para cultivar 1 hectare de mandioca;

**O valor da depreciação dos equipamentos por hora trabalhada.

Com posse dos valores dos equipamentos agrícolas e o valor de depreciação por hora trabalhada, foi possível alocá-los nos custos, representando R\$ 41,44 (quarenta e um reais e quarenta e quatro centavos) para cultivar 1 hectare de mandioca (Tabela 15).

Os custos levantados até esse momento são considerados custos diretos para o cultivo de 1 hectare de mandioca.

4.1.2.2 Remuneração da terra

Segundo Richetti (2008), há diferença no custo em se tratando de grande e médio produtor para pequeno produtor, quando levada em consideração a remuneração da terra.

Portanto, utilizou-se na pesquisa o valor médio de arrendamento da região em estudo de R\$ 450,00 (quatrocentos e cinquenta reais) por hectare.

Na figura 16, é possível visualizar a distribuição em percentual dos custos envolvidos no pré-plantio, plantio, colheita, transporte, depreciação dos equipamentos, retirada do produtor e remuneração da terra do cultivo de 1 hectare de mandioca para fins de produção de etanol em uma pequena unidade de processamento.

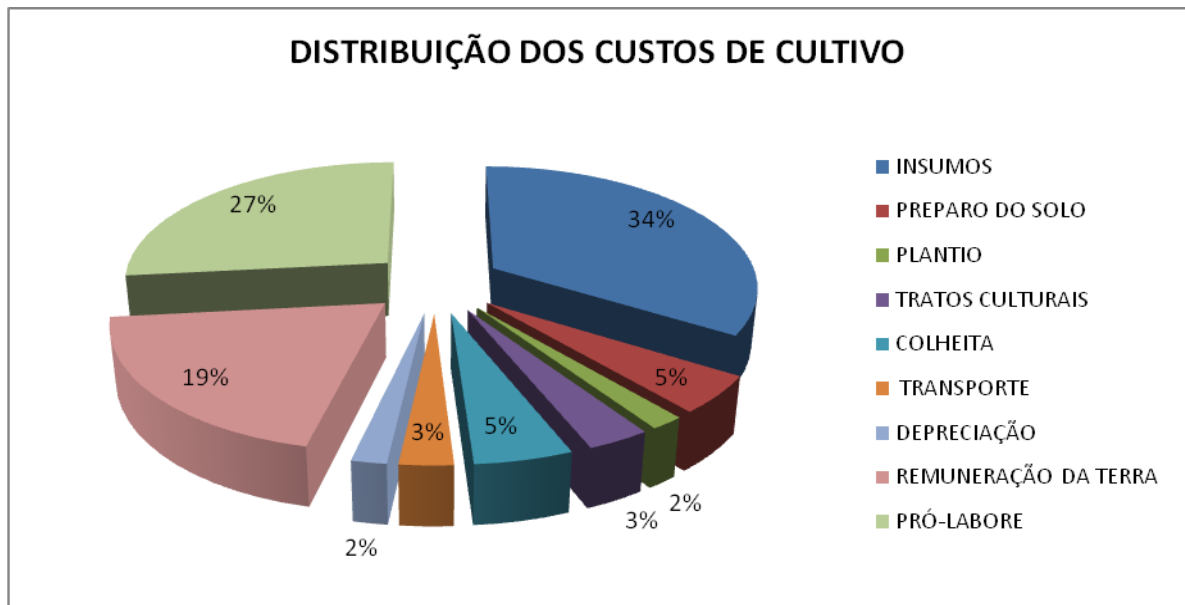


Figura 16 – Distribuição dos custos do cultivo de 1 hectare de mandioca em pequena propriedade rural

Fica evidenciado na figura 16 que os insumos consomem 34% do valor total. A retirada do proprietário 27%, o arrendamento da terra 19%, preparo do solo e colheita 5%, transporte e tratos culturais 3% e, por fim o preparo do solo e a colheita

consomem 10%, os tratos culturais consomem 6%, o transporte consome 5% e 3% dos custos o plantio representa.

Na tabela 16, apresenta-se o detalhamento do método de custeio ABC para o cultivo da mandioca. Onde é realizado um rateio dos custos, utilizando os critérios dos direcionadores da terceira fase do ABC.

Baseando-se no modelo de custeio ABC, obteve-se um custo total de R\$2.283,56 (dois mil duzentos e oitenta e três reais e cinquenta e seis centavos), considerando a produtividade média de 25.000 kg por hectare e todos os custos diretos e indiretos do cultivo como remuneração da terra e retirada de pró-labore do proprietário, obtendo o resultado final de R\$ 0,09 (nove centavos de reais) por kg da mandioca (Tabela 16). Custos estes levando em consideração a entrega da matéria-prima no local de produção do etanol.

4.2 Custos do processamento de mandioca para produção de etanol

Para produção do etanol a partir da mandioca, utiliza-se apenas o amido do tubérculo, onde está a substância energética da planta. Os demais constituintes, como as fibras, as proteínas e demais nutrientes encontrados nas raízes irão ficar nos resíduos do processo e poderão ser designados para alguma aplicação.

Portanto, na elaboração deste estudo, foram utilizadas somente as raízes da planta, onde está o amido que será transformado em álcool. Desta maneira, acompanhou-se as etapas de recebimento, pesagem, lavagem, trituração, fermentação e destilação da matéria-prima na usina de processamento da UFSM até a obtenção do etanol.

4.2.1 Descrição das etapas de processamento da mandioca

A segunda etapa desse estudo foi identificar as atividades relevantes no processamento da matéria-prima conforme figura 17, que permite visualizar todas as etapas.

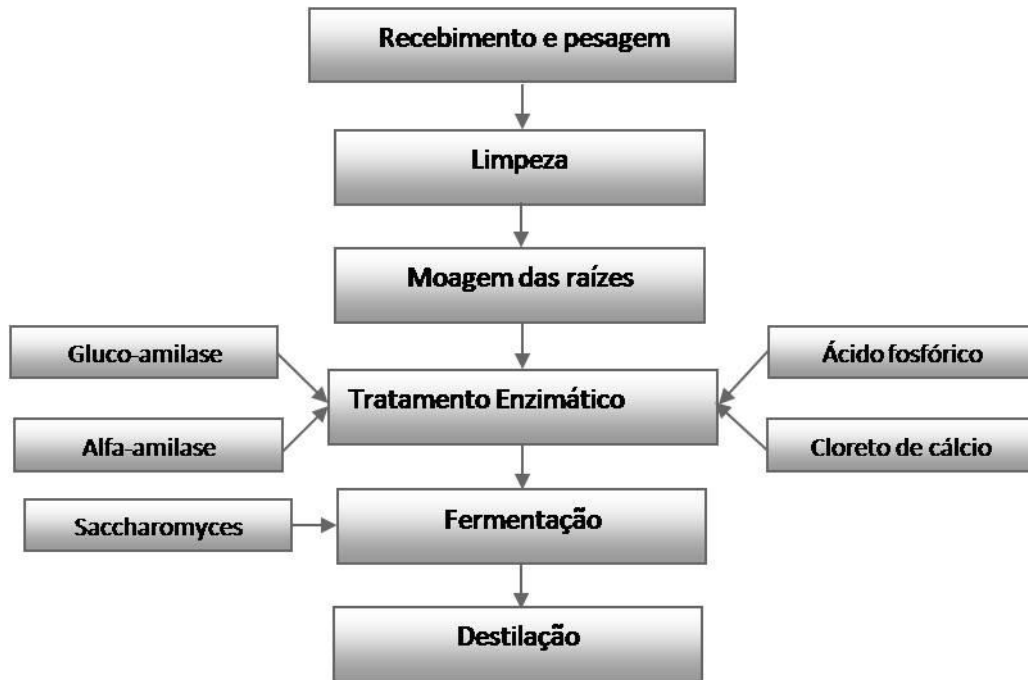


Figura 17 - Fluxograma do cultivo da mandioca
 Fonte: Fabricio e Jahn, 2011.

Após identificar as etapas (Figura 17), as mesmas são descritas detalhadamente no decorrer deste capítulo.

4.1.2.1 Recebimento e pesagem

Para iniciar o processo de produção do etanol a partir da mandioca, foi recebido e pesado na usina de álcool (Figura 18) uma tonelada de raízes frescas de matéria-prima.



Figura 18 – Vista externa da usina de álcool da UFSM.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

A matéria-prima utilizada apresentou a seguinte composição: 59% de água, 28% de amido e 13% de outros componentes (fibra, proteína, cascas, etc.). Assim, 1000 Kg de mandioca contém: 590 Kg de água, 280 Kg de amido e 130 Kg de diversos.

4.1.2.2 Limpeza da matéria-prima

No processo de lavagem (Figura 19), foi gerada uma quantidade de 40 kg de sujidades, reduzindo a quantidade de matéria-prima moída para 960 Kg. A parte removida da mandioca consiste basicamente de terra e das cascas externas que recobrem as raízes. Assim, neste processamento, o teor de amido se mantém inalterado. No processo de lavagem, foram gastos 300 litros de água.



Figura 19 – Vista frontal do lavador rotativo por batelada.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

4.1.2.3 Trituração das raízes

A matéria-prima lavada foi encaminhada com auxílio de esteira transportadora (Figura 20) para um moedor de facas para realizar a redução de tamanho. A malha empregada no moedor foi de 4 mm, tamanho de partícula considerada suficiente para as próximas etapas de processamento.



Figura 20 - Esteira transportadora de matéria-prima para moedor
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Para facilitar a moagem no moinho de facas (Figura 21), foram adicionados ao processo 420 Kg de água, que somada à água presente na mandioca totaliza 1010 Kg de água. A matéria-prima moída foi encaminhada ao tanque de sacarificação com auxílio de bomba centrífuga acoplada à saída do moedor. Nesta condição, a concentração de amido no interior do tanque ficou na ordem de 28% em base mássica (280 Kg de amido/ 1010 Kg de água).

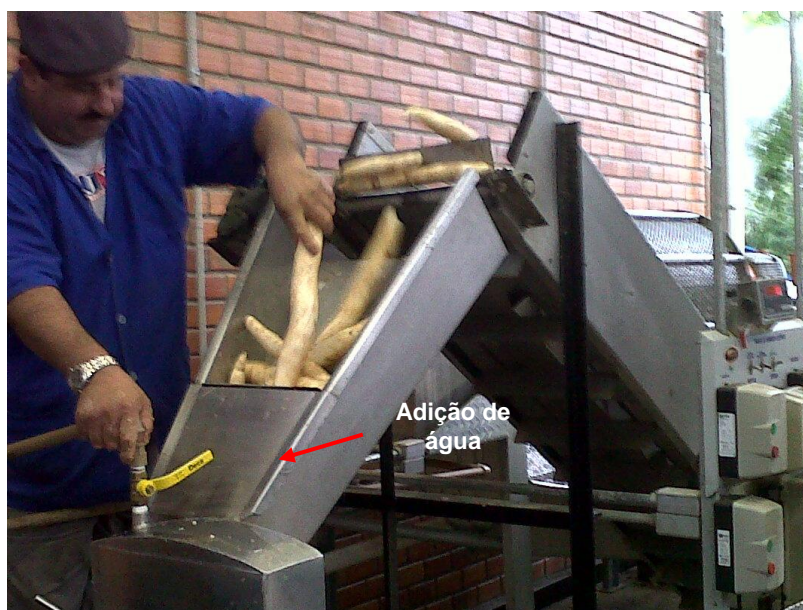


Figura 21 – Trituração das raízes.
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Na figura 22, pode-se observar a textura da mandioca triturada no moinho de facas.



Figura 22 – Matéria-prima moída

Fonte: Arquivo do autor, 2011

4.1.2.4 Tratamento enzimático

Para que a concentração de amido fique na faixa de 16 à 18%, foram adicionados ao meio 650 Kg de água de diluição e 110 Kg de água proveniente da injeção direta de vapor no tanque, utilizado para aquecimento do sistema, nas diferentes etapas. Após esta diluição, a quantidade total de água ficou em 1770 Kg, fazendo com que a concentração de amido fique em 15,8% em massa (Figura 23).



Figura 23 - Massa da mandioca no tanque de hidrólise
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Para o cozimento da matéria-prima e o tratamento enzimático, utilizou-se o tanque de hidrólise (Figura 24) da usina de processamento.



Figura 24 - Tanque de hidrólise
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Para produzir álcool a partir do amido, torna-se necessária realizar a gelificação do amido com a posterior dextrinização e sacarificação em açúcares, que posteriormente serão submetidos à fermentação alcoólica. Como os agentes de fermentação não apresentam enzimas amilolíticas, é necessário sacarificar os amiláceos. A sacarificação é o processo de transformação do amido ou fécula fermentescível em açúcares fermentescíveis.

Com base na quantidade de amido presente no meio, foram determinadas as quantidades de enzima a serem adicionadas ao meio reacional. Com base em resultados de atividade enzimática obtidas em ensaios laboratoriais, foram adicionados ao meio 200 mililitros de α -amilase (Liquozyme SCDS da marca Novozymes), conforme figura 25 e de 300 mililitros de gluco-amilase (Spirizyme Fuel da marca Novozymes), conforme figura 26. Para facilitar a ação das enzimas, foi adicionado ao meio 100 gramas de cloreto de cálcio.



Figura 25 - Enzima alfa-amilase
Fonte: Arquivo do autor, 2011



Figura 26 - Enzima gluco-amilase
Fonte: Arquivo do autor, 2011

Após diluição o pH do meio, que inicialmente estava em 6, foi corrigido para 5,0, pela adição de 200 mililitros de ácido fosfórico 85%. Na sequência foi adicionada a enzima α -amilase (Figura 27) e procedeu-se o aquecimento do meio por injeção direta de vapor até que a temperatura atingisse 100°C, onde foi mantida por 15 minutos. Na sequência, o meio foi resfriado a 60°C e adicionou-se a enzima gluco-amilase, permanecendo nesta temperatura por um período de 60 minutos, conforme figura 28.



Figura 27 - Aquecimento e adição das enzimas
Fonte: Arquivo do autor, 2011

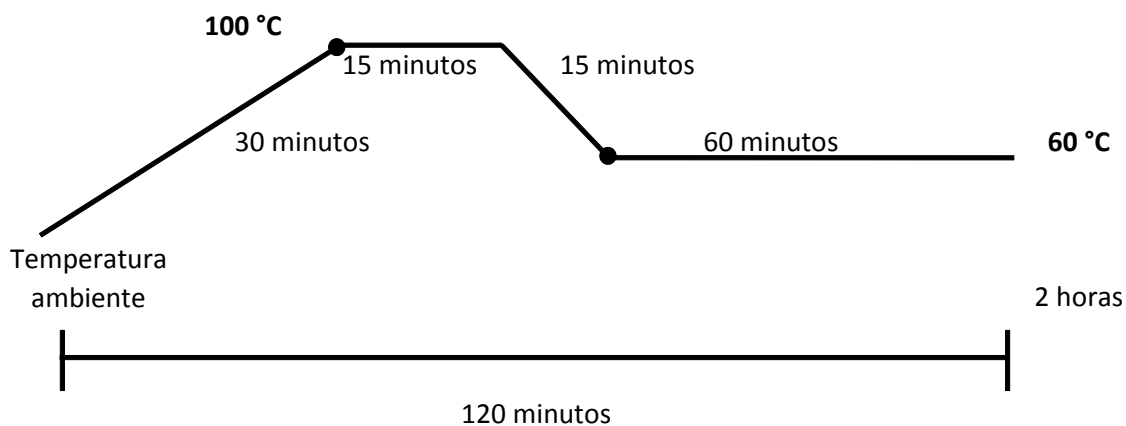


Figura 28 - Rampa de aquecimento e rampa de resfriamento.
Fonte: Dados da pesquisa, 2011

A figura 28 ilustra a rampa de aquecimento e resfriamento do tratamento enzimático. O aquecimento levou 30 minutos para atingir a temperatura de 100°C e o sistema foi resfriado pela passagem de água na camisa de resfriamento até que a temperatura do meio ficasse em 60°C, permanecendo nesta temperatura por 60 minutos. O tempo total para realizar esta atividade ficou na ordem de 120 minutos.

Após o processo de sacarificação, não foi identificada a presença de amido residual, mostrando que sua conversão foi total. A massa de açúcar no mosto foi determinada pelo método espectrofotométrico denominado de ácido-dinitrossalicílico (ADNS), a concentração de açúcar no mosto ficou em 169 gramas de açúcar por litro, considerando 1770 Kg de mosto, a quantidade de açúcar presente no meio fica em 299 Kg, valor bastante próximo da quantidade máxima que poderia ser obtida que é de 308 Kg. Esta quantidade foi calculada considerando que cada Kg de amido gera 1,1 Kg de açúcar ($280 \text{ Kg de amido} \times 1,1 \text{ Kg de açúcar/Kg de amido} = 308 \text{ kg de açúcar}$).

4.1.2.5 Fermentação

Para realizar a primeira fermentação (Figura 29), inicialmente o meio foi resfriado para 30°C e, na sequência, adicionou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, em uma concentração de 1 grama de matéria seca por litro de mosto. Para as demais fermentações, foi utilizado pé de cuba, que consiste da levedura decantada na fermentação anterior.



Figura 29 - Fermentação
Fonte: Arquivo do autor, 2011

O processo de fermentação foi conduzido por um período de 24 horas. Os teores alcoólicos obtidos após 12h, 18h e 24 horas de fermentação são apresentados na tabela 17. Nesta tabela, também são apresentados os teores de etanol presentes no etanol destilado e no vinhoto.

Tabela 17 – Concentração de etanol no vinho de fermentação em função do tempo de reação e após destilação

Tempo de fermentação, h	Concentração de etanol, m/m	Concentração de etanol em volume, GL	ρ , g/l	% do máximo
12 horas	5,2	6,52	0,98905	57,5
18 horas	7,5	9,36	0,98548	82,9
24 horas	8,5	10,60	0,984	93,9
Concentração máxima	9,0	11,21	0,98327	100,0
Etanol anidro	86,4	90,55	0,82732	-
Vinhoto	0,2	0,19	0,99791	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2011

Constatou-se que a concentração do etanol aumenta com o tempo de fermentação. Após 18 h de fermentação, a concentração de etanol atingiu 7,5% em massa que corresponde a 82,9% da concentração máxima que pode ser obtida no meio reacional. Após 24 horas, a concentração mássica aumentou para 8,5% que corresponde a 93,9% da concentração máxima. A concentração máxima foi determinada com base na quantidade de açúcar presente no meio reacional e considerando que 52% da massa de açúcar é convertido em etanol e 48% transformada em gás carbônico (CO₂). Assim, de 308 Kg de açúcar, teoricamente é possível obter 160,2 Kg de etanol anidro (308 Kg açúcar x 0,52 Kg etanol/kg de açúcar).

A massa de etanol anidro obtido após a fermentação foi de 150,5 kg, que corresponde a 93,9% da quantidade máxima que poderia ser obtida no processo. Assim, o rendimento no processo de fermentação foi de 93,9%.

A fermentação foi realizada nas dornas de fermentação (Figura 30).

Antes de ser submetido à destilação, o produto de fermentação foi centrifugado, visando a remoção dos sólidos ainda presentes no meio. Nesta operação, foram removidos 350 Kg de sólidos que continham 76% de umidade. Nos custos de processamento não foram incluídos os custos para tratamento do resíduo sólido gerado no processamento da mandioca.



Figura 30 – Dornas de fermentação
Fonte: Arquivo do autor, 2011

4.1.2.6 Destilação

O produto de fermentação foi submetido à destilação em coluna contínua (Figura 31), com capacidade de processamento de 400 litros por hora de vinho, gerando uma vazão de etanol combustível na faixa de 30 a 35 litros/hora.

No final do processo de destilação, a massa de etanol hidratado formada foi quantificada e obteve-se uma massa total de 155,5 Kg. Este etanol possui uma graduação alcoólica de 90,55 GL que corresponde a 86,4 % de etanol em massa. Assim, dos 155,5 Kg de etanol hidratado 134,4 são de etanol puro (etanol anidro) e 21,1 Kg são de água.



Figura 31 – Destiladora contínua
Fonte: Arquivo do autor, 2011

O rendimento da destilação pode ser determinado pela razão da massa de etanol hidratado e a quantidade de etanol presente no mosto de fermentação. Assim, o valor do rendimento na destilação foi de 98,5%. A quantidade de etanol que saiu com a vinhaça é de 2,3 Kg e corresponde a 1,5% do etanol presente no vinho de fermentação. O valor de rendimento de destilação é considerado muito bom, pois somente 1,5% do etanol gerado foram perdidos.

Após a realização do processamento da mandioca e coleta de dados, pode-se apresentar o balanço de massa do processamento de 1.000 Kg de mandioca, (Figura 32).

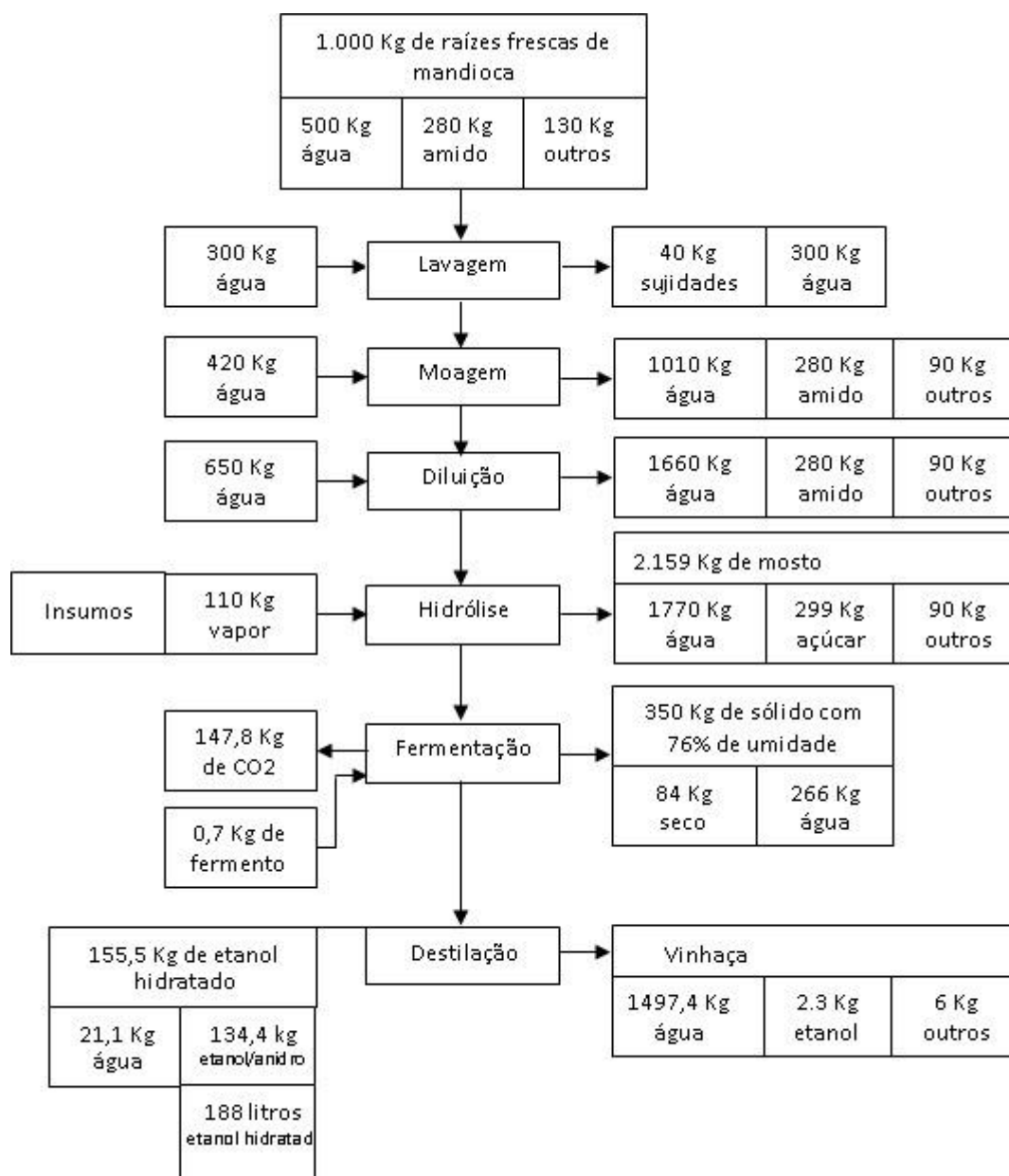


Figura 32 – Balanço de massa do etanol no processamento industrial da mandioca para produção de álcool anidro

Fonte: Dados da pesquisa, 2011

Obteve-se o rendimento global do processo de 87,3%, considerando a teoria, onde, 280 Kg de açúcar tem potencial de obter 154 Kg de etanol, no caso do trabalho, obteve-se 134,4 Kg de etanol anidro.

4.2.2 Determinação dos custos por etapa de processamento

Após acompanhar todas as etapas do processamento, iniciou-se a identificação das atividades relevantes e respectivas funções.

As atividades e suas funções estão relacionadas na tabela 18.

Tabela 18 – Atividades e funções do processamento da mandioca

ATIVIDADES	FUNÇÕES
INSUMOS	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido-fosfórico 85% • Alfa-amilase • Gluco-amilase • Levedura desidratada
LIMPEZA	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem das raízes
ESTEIRA	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte das raízes
MOEDOR	<ul style="list-style-type: none"> • Trituração das raízes
TRATAMENTO ENZIMÁTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Adição das enzimas • Adição dos nutrientes
FERMENTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Adição das leveduras
DESTILAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Destilação

Definida as atividades e respectivas funções, torna-se necessário definir os custos de cada atividade. Para o cálculo foi considerada o processamento de 3.000 Kg de mandioca, considerando a capacidade de processamento da usina.

As tabelas 19 a 27 apresentam desmembradas todas as funções, quantidades, valor unitário e valor total de cada atividade e quanto em percentual cada uma dessas atividades representa. As quantidades estão apresentadas por unidade de medida padrão, tais como: quilogramas, mililitros, kW/h, metro cúbico de água, mão-de-obra, metro cúbico de lenha.

Quanto aos insumos cloreto de cálcio e ácido fosfórico utilizados no processo o valor base utilizado foi da empresa Quimibrás Indústrias Químicas S.A. Para os

demais insumos, alfa-amilase, gluco-amilase e levedura, utilizou-se valores conforme Usinas Sociais Inteligentes (USI) de São Vicente do Sul - RS (Tabela 19).

As quantidades utilizadas tem sua origem na multiplicação da unidade obtida no processamento de 1 tonelada de mandioca, multiplicado pelo número de vezes que a operação foi repedida no dia. Foram repetidas 3 vezes a operação com 1.000 Kg de mandioca em cada processamento, obtendo os custos com o processamento de 3.000 Kg de mandioca.

Tabela 19 – Detalhamento dos custos dos insumos para o processamento de 3.000 Kg de mandioca

INSUMOS			
Funções	Qtde utilizada em Kg	R\$ Kg	R\$ Total
Cloreto de cálcio	0,300	5,00	1,50
Ácido fosfórico 85%	0,600	14,21	8,53
α-amilase	0,600	25,00	15,00
Gluco-amilase	0,900	30,00	27,00
Levedura desidratada	2	18,00	36,00
R\$ Subtotal			88,03

Na tabela 19 fica evidenciado que os insumos consomem R\$ 88,03 (oitenta e oito reais e três centavos) dos custos do processamento, sendo a atividade que representa maior consumo dos recursos.

Para o cálculo da mão-de-obra, utilizou-se como base o piso salarial do estado do Rio Grande do Sul, conforme função e atribuições, considerando os encargos sociais (2,7 % INSS e 8% FGTS), 13º salário e férias.

A tabela 20 compreende as despesas de mão-de-obra da atividade de recepção e pesagem da matéria-prima.

Tabela 20 – Detalhamento dos custos de recepção e pesagem de 3.000 Kg de mandioca

RECEPÇÃO E PESAGEM				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Recepção da matéria-prima	2	1	5,03	10,06
Pesagem da matéria-prima	2	0,5	5,03	5,03
R\$ Subtotal				15,09

A atividade que envolve a recepção e pesagem compreende R\$ 15,09 (quinze reais e nove centavos) dos gastos totais do processamento (Tabela 20).

O valor do kW/h foi obtido a partir da concessionária distribuidora de energia elétrica AES Sul para rede trifásica.

O cálculo de energia dos motores é baseado no consumo máximo da capacidade do motor.

O valor do metro cúbico de água foi obtido a partir da empresa CORSAN para tarifa empresarial na categoria industrial.

A descrição de todos os custos da atividade de limpeza das raízes apresenta-se na tabela 21.

Tabela 21 – Detalhamento dos custos da limpeza de 3.000 KG de mandioca

OPERAÇÃO DE LIMPEZA				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Limpeza das raízes	2	2	5,03	20,11
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Limpeza das raízes	2,5	3	0,22	1,62
Funções	Litros de água utilizados		R\$ m³	R\$ Total
Limpeza das raízes	0,900		1,92	1,73
R\$ Subtotal				23,47

A operação de limpeza das raízes de mandioca para a remoção de sujidades consome R\$ 23,47 (vinte e três reais e quarenta e sete centavos) dos custos de processamento (Tabela 21).

Os custos envolvidos no transporte das raízes até o moedor é apresentado na tabela 22.

Tabela 22 – Detalhamento dos custos de transporte das raízes utilizado de esteira

ESTEIRA TRANSPORTADORA				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Transporte das raízes	1	1	5,03	5,03
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Transporte das raízes	0,37	2,00	0,22	0,16
R\$ Subtotal				5,19

A esteira transportadora é a atividade que representa um dos menores percentuais de participação nos custos do processamento da mandioca, representando R\$ 5,19 (cinco reais e dezenove centavos), (Tabela 22).

A tabela 23 detalha a atividade de trituração das raízes de 3.000 Kg de mandioca.

Tabela 23 – Detalhamento dos custos de trituração das raízes de mandioca

TRITURAÇÃO DAS RAÍZES				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Moagem das raízes	1	3	5,03	15,09
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Moagem das raízes	5,5	2,50	0,22	2,98
Transferência de material para o tanque de hidrólise	1,5	3	0,22	0,97
Funções	Litros de água utilizada		R\$ m ³	R\$ Total
Moagem das raízes	1,260		1,92	2,42
R\$ Subtotal				21,45

A atividade trituração das raízes representa sobre os custos do processamento da mandioca um total de R\$ 21,45 (vinte e um reais e quarenta e cinco centavos), (Tabela 23).

O tratamento enzimático detalha-se na tabela 24.

Tabela 24 – Detalhamento dos custos do tratamento enzimático

TRATAMENTO ENZIMÁTICO				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Adição enzimas e nutrientes	1	0,5	5,03	2,51
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Agitador do mosto	2,2	2	0,22	0,95
Funções	Litros de água utilizada		R\$ m ³	R\$ Total
Água de diluição	1,950		1,92	3,74
R\$ Subtotal				7,21

Os gastos com tratamento enzimático consomem R\$ 7,21 (sete reais e vinte um centavos) no processamento de 3.000 Kg de mandioca (Tabela 24).

A atividade de fermentação demanda de 1 hora de mão-de-obra para observações do operador no processo (Tabela 25).

Tabela 25 – Detalhamento dos custos do processo de fermentação

FERMENTAÇÃO				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$/hora	R\$ Total
Adição levedura	1	1	5,03	5,03
R\$ Subtotal				5,03

A fermentação é a atividade que consome o menor custo do processamento de 3.000 Kg de mandioca, representando R\$ 5,03 (cinco reais e três centavos), (Tabela 25).

A tabela 26 detalha a atividade de destilação, apresentando os custos envolvidos.

Tabela 26 – Detalhamento dos custos da destilação

DESTILAÇÃO				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$ hora	R\$ Total
Destilação	1	5	5,03	25,14
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Transferência do mosto para dest.	1,5	10,00	0,22	3,25
Bomba de resfriamento	0,5	10,00	0,22	1,08
R\$ Subtotal				29,47

A atividade de destilação do produto fermentado consome R\$ 29,47 (vinte e nove reais e quarenta e sete centavos) dos custos de processamento (Tabela 26).

A atividade geração de vapor apresenta-se detalhada na tabela 27.

Tabela 27 – Detalhamento dos custos da geração de vapor

GERAÇÃO DE VAPOR				
Funções	Qtde de mão-de-obra	Horas trabalhadas	R\$ hora	R\$ Total
Geração de vapor	1	1,5	5,03	7,54
Funções	Energia utilizada	Horas funcionamento do equipamento	R\$ kW/h	R\$ Total
Geração de vapor	2,25	12,00	0,22	5,84
Funções	Litros de água utilizada		R\$ m³	R\$ Total
Geração de vapor	1,800		1,92	3,46
Funções	Energia utilizada		R\$ m³ lenha	R\$ Total
Lenha	1		35,00	35,00
R\$ Subtotal				51,84

A atividade de geração de vapor consome R\$ 51,84 (cinquenta e um reais e oitenta e quatro centavos), sendo a segunda atividade com maior custo de processamento (Tabela 27).

Após definidas os custo das atividades e funções do processamento de 3.000 Kg de mandioca torna-se necessário alocá-los conforme apresentado na tabela 28.

Tabela 28 – Distribuição dos custos para o processamento de 3.000 Kg de mandioca

DESCRIÇÃO DAS DESPESAS	NSUMOS	RECEPÇÃO PESAGEM	LIMPEZA DAS RAÍZES	ESTEIRA TRANSP.	TRITURAÇÃO DAS RAÍZES	TRATAMENTO ENZIMÁTICO	FERMENT	DESTILAÇÃO	GERAÇÃO DE VAPOR
Cloreto de cálcio	R\$ 1,50								
Ácido fosfórico 85%	R\$ 8,53								
α-amilase	R\$15,00								
Gluco-amilase	R\$ 27,00								
Levedura	R\$ 36,00								
Recepção matéria-prima		R\$ 10,06							
Pesagem matéria-prima		R\$ 5,03							
Lavagem			R\$ 23,47						
Transporte das raízes				R\$ 5,19					
Moagem das raízes					R\$ 21,45				
Tratamento enzimático						R\$ 7,21			
Adição da levedura							R\$ 5,03		
Destilação								R\$ 29,47	
Geração de vapor									R\$ 16,84
Lenha									R\$ 35,00
Subtotal - Custos Transferidos	R\$ 88,03	R\$ 15,09	R\$ 23,47	R\$ 5,19	R\$ 21,45	R\$ 7,21	R\$ 5,03	R\$ 29,47	R\$ 51,84
% de participação	36%	6%	10%	2%	9%	3%	2%	12%	21%

O custo total das atividades envolvidas no processamento é de R\$ 246,77 (duzentos e quarenta e seis reais e setenta e sete centavos) contemplando 3.000 Kg de matéria-prima, sendo que os insumos consomem 36% dos custos, 21% são consumidos para geração de vapor, 12% na processo de destilação, 10% para limpeza das raízes, 9% na trituração das raízes, 6% para receber e pesar a matéria-prima, 3 % no tratamento enzimático e 2% nas atividades de transporte das raízes e fermentação (Tabela 28).

Na tabela 29 apresenta-se os custos do processamento de 3.000 Kg de mandioca separados por elemento de despesa.

Tabela 29 – Resumo dos elementos de despesa

Elemento de despesa	R\$ Total	%
Mão-de-obra	95,55	39
Insumos	88,03	36
Lenha	35,00	14
Energia elétrica	16,86	7
Água	11,35	5
Total	246,77	100

Analisando os custos por elemento de despesa a mão-de-obra representa 39% dos custos, 36% dos insumos utilizados no processamento, 14% de gastos com lenha, 7% com energia elétrica e 5% com água (Tabela 29).

Os custos envolvidos no processamento da mandioca são diretos não sendo necessário a realização da terceira fase do ABC, onde defini-se os direcionadores das atividades, para posterior rateio dos custos indiretos.

4.2.2.1 Depreciação dos equipamentos

Os dados referentes os equipamentos foram coletados junto à empresa Limana Poliserviços que orçou e montou a estrutura da usina, conforme tabela 30.

Considerando que os equipamentos estejam depreciados em 10 anos e as instalações em 25 anos, conforme Receita Federal.

Tabela 30 – Valor hora de depreciação dos equipamentos e instalação

Equipamento e instalação	R\$ dos equip. e instalação	% dep. ao ano	R\$ dep. por ano*	Horas trab. por ano**	R\$ dep. por hora trab.***.
Prédio 100 m ²	80.000,00	4	3.200,00	8640	0,37
Caldeira de vapor	9.000,00	10	900,00	2304	0,39
Recepção - Balança	3.078,00	10	307,80	2304	0,13
Limpeza - Lavador	1.204,36	10	1.120,44	2304	0,49
Esteira transportadora	2.750,00	10	275,00	2304	0,12
Moedor de martelo	9.041,44	10	904,14	2304	0,39
Tanque de hidrólise	9.460,00	10	946,00	2304	0,41
Fermentação	14.160,00	10	1.416,00	8640	0,16
Destilação	71.325,00	10	7.132,50	2880	2,48

*Valor que o equipamento depreciará em um ano de utilização, considerando o % informado;

***Considerando a operação do equipamento e a utilização das instalações;

****Valor da hora de depreciação dos equipamentos e instalação.

Os equipamentos ao longo do tempo com o uso na produção perdem valor. Considerando para o cálculo que os equipamentos operam 8 horas ou mais por dia, 24 dias no mês no período de 12 meses, obteve-se o custo de depreciação por hora de trabalho. Para depreciação do prédio, são consideradas 24 horas dia (Tabela 30).

Esses valores permitiram o cálculo da depreciação dos equipamentos do processamento de mandioca, apresentados na tabela 31.

Tabela 31 – Depreciação dos equipamentos e instalações

DEPRECIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES			
Equipamentos	Horas trabalhadas com o equipamento*	R\$ depreciação por hora**	R\$ total
Prédio 100 m ²	44	0,37	16,30
Caldeira de vapor	12	0,39	4,69
Recepção - Balança	0,5	0,13	0,07
Limpeza - Lavador	3	0,49	1,46
Esteira transportadora	2	0,12	0,24
Moedor de martelo	2,5	0,39	0,98
Tanque de hidrólise	2	0,41	0,82
Fermentação	24	0,16	3,93
Destilação	10	2,48	24,77
Total			53,25

*Horas que o equipamento operou para cultivar 1 hectare de mandioca;

**O valor da depreciação dos equipamentos por hora trabalhada.

Após obter todos os valores dos equipamentos e estrutura da usina de álcool, foi possível alocá-los nos custos, representando R\$ 53,25 (cinquenta e três reais e vinte e cinco centavos) de depreciação por processamento de 3.000 Kg de mandioca (Tabela 31).

A figura 33 apresenta a distribuição dos custos envolvidos no processamento de 3.000 Kg de mandioca para produção de etanol combustível.

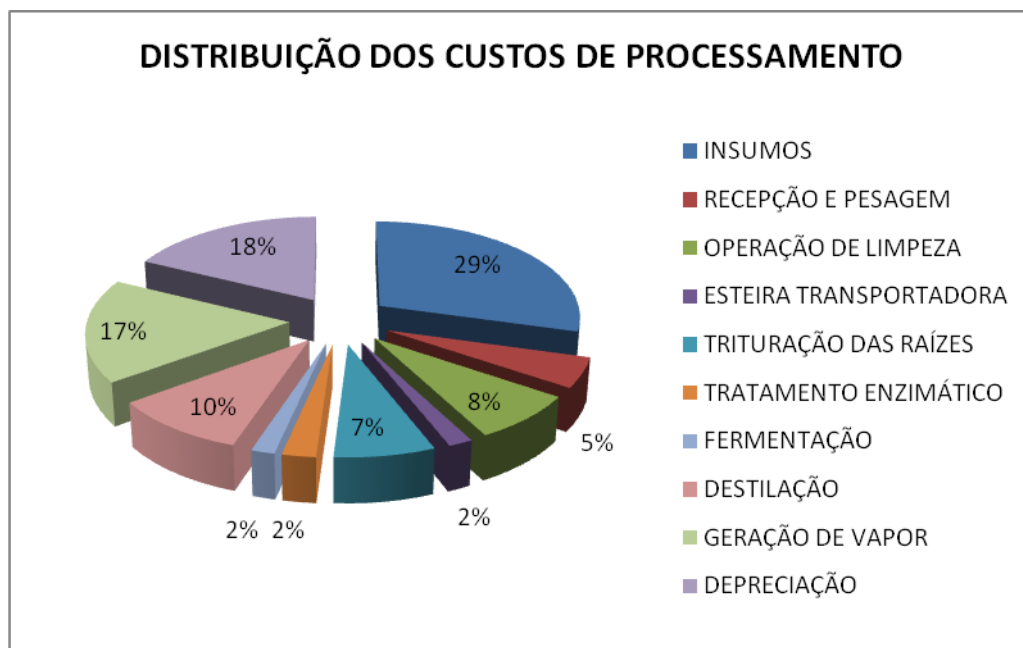


Figura 33 – Distribuição dos custos de processamento empregando mandioca como matéria-prima em pequena unidade de processamento

Os custos de processamento estão distribuídos por percentual de consumo financeiro, os que possuem maior representação são gastos com insumos 29%, depreciação de equipamentos e instalações 18%, geração de vapor 17%, destilação 10%, sendo que, as demais atividades representam individualmente menos de 10% cada (Figura 33).

Baseando-se no modelo de custeio ABC, obteve-se um custo total de R\$300,02, (trezentos reais e dois centavos) considerando o rendimento do processamento na usina de 564 litros de álcool para 3.000 Kg de mandioca, todos os custos do processamento e depreciação dos equipamentos e instalações, obteve-se o resultado final de R\$ 0,53 (cinquenta e três centavos de reais) por litro de etanol hidratado. Este valor levantado não leva em consideração o custo com matéria-prima.

4.3 Análise dos resultados da aplicação do custeio ABC

Após a realização do processamento e coleta de dados do processamento da mandioca, pode-se fazer um comparativo com o processamento da cana-de-açúcar em pequena unidade de produção que resultou na geração de aproximadamente 50 litros de etanol hidratado por tonelada de cana processada. Considerando uma produção de 80 toneladas por hectare neste tipo de unidade é possível obter até 4.000 litros de etanol anidro por hectare.

Quando do processamento da mandioca se obteve uma produção de aproximadamente 188 litros de etanol hidratado por tonelada de mandioca processada, rendimento 3,8 vezes superior que o obtido para a cana-de-açúcar. Considerando uma produção média de 35 toneladas de mandioca por hectare, conforme Ramos Junior et. al. (2009), para a variedade IAC 90, a produção de etanol hidratado por hectare pode atingir 6580 litros por hectare, valor este aproximadamente 40% superior ao obtido para a cana-de-açúcar (Tabela 32).

Tabela 32 – Comparação da produtividade e rendimento das matérias-primas cana-de-açúcar e mandioca

COMPARAÇÃO CANA-DE-AÇÚCAR X MANDIOCA		
Matéria-prima	Produtividade por ha	Rendimento etanol
Cana-de-açúcar	80 toneladas	4000 litros
Mandioca	35 toneladas	6580 litros

A partir da utilização do método de Custeio ABC para levantamento dos custos do cultivo de 1 hectare de mandioca e do processamento de 3.000 Kg desta matéria-prima para obtenção de etanol, é possível fazer algumas comparações e análises.

Na fase 1 obteve-se o custo de produção em pequena propriedade rural de R\$ 2.283,56 (dois mil e duzentos e oitenta e três reais e cinquenta e seis centavos) por hectare de mandioca, considerando uma produtividade média de 25.000 Kg, resultou no custo de R\$ 90,00 (noventa reais) por tonelada de mandioca.

Para Felipe e Alves (2007), apresentam dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq/USP), para a região de Assis (SP), o custo da tonelada da cana foi de R\$ 37,60 (trinta e sete reais e sessenta centavos) por tonelada na safra 2005/06, enquanto o da mandioca correspondeu a R\$ 84,52 (oitenta e quatro reais e cinquenta e dois centavos) por tonelada nesse período.

A estimativa do custo total por hectare da mandioca cultivada por pequenos produtores na safra 2007 foi de R\$ 2.666,00 (dois mil e seiscentos e sessenta e seis reais), considerando-se a produtividade de 30 toneladas por hectare, o custo total médio por tonelada é de R\$ 88,87 (oitenta e oito reais e oitenta e sete centavos), (RICHETTI, 2007).

Para Richetti (2008) a estimativa do custo total por hectare da mandioca cultivada por pequenos produtores na safra 2008 foi de R\$ 3.331,40 (três mil trezentos e trinta e um reais e quarenta centavos) considerando uma produtividade de 30 toneladas por hectare, obtendo um custo médio de R\$ 111,05 (cento e onze reais e cinco centavos).

Para Felipe e Alves (2009), verifica-se um custo operacional obtido de R\$ 58,72 (cinquenta e oito reais e setenta e dois centavos) por tonelada, e um custo final de R\$ 83,36 (oitenta e três reais e trinta e seis centavos) por tonelada de mandioca.

A tabela 33 apresenta a comparação dos dados obtidos na pesquisa com encontrados na literatura.

Tabela 33 – Comparação dos resultados da pesquisa com dados na literatura do cultivo da mandioca

COMPARAÇÃO DA PESQUISA COM LITERATURA		
Literatura x pesquisa	R\$/ha	Produtividade por ha (Kg)
Dados da pesquisa	90,00	25.000
Felipe e Alves (2007)	84,52	Não apresenta
Richetti (2007)	88,87	30.000
Richetti (2008)	111,05	30.000
Felipe e Alves (2009)	83,36	36.000

Verifica-se na tabela 33 que o custo de produção de mandioca, obtido a partir da análise dos resultados pelo método ABC, estão muito próximos dos relatados na literatura para esta cultura, mostrando a precisão do método empregado.

Como forma de agregar valor o produtor pode comercializar as raízes descartadas pelo comércio. As 12 toneladas de mandioca consideradas como refugo na propriedade estudada, conforme tabela 3, se processadas para obtenção de álcool, considerando 188 litros por tonelada, como dados obtidos na pesquisa, representaria 2.256 litros de etanol.

O produtor também pode utilizar o refugo das raízes para trato de animais tais como porcos e gado, incrementando sua renda familiar.

A parte aérea da planta também pode ser considerada como fonte geradora de renda, pois além do proprietário poder utilizar para o próximo plantio as manivas, pode vender a outros produtores que necessitem.

Na fase 2 obteve-se o custo de R\$ 0,53 (Cinquenta e três centavos de reais) para cada litro de etanol hidratado obtido pelo processamento de mandioca. A contribuição para a formação deste custo de produção esta na seguinte ordem: mão-de-obra \approx insumos > depreciação > Lenha > Energia Elétrica > Água, contribuindo com os seguintes percentuais: 31,8%, 29,3%, 17,7%, 11,7%, 5,6% e 3,8%. A contribuição da mão-de-obra e insumos são bastante próximas, ficando na ordem de 30% de contribuição no custo de produção. Dos insumos a maior contribuição esta relacionada com o custo das enzimas empregadas no processo de hidrólise do amido, ficando em segundo lugar os dispêndios com a levedura.

Em um estudo de Santana (2007), onde considera para o processamento 13 toneladas de mandioca por hectare, conforme os dados apresentados, foram obtidos aproximadamente 143 litros de etanol por tonelada de matéria-prima e 511 litros por tonelada de amido.

Se analisar a produção de etanol por tonelada, a mandioca leva vantagem sobre a cana-de-açúcar, para Felipe e Alves (2007). Enquanto uma tonelada de cana-de-açúcar com 140 kg de açúcar produz em média 85 litros de etanol, uma tonelada de mandioca, com 20% de amido, é capaz de produzir aproximadamente 104 litros de álcool.

A tabela 34 apresenta a comparação dos resultados da pesquisa com dados da literatura do rendimento de etanol em 1 tonelada de mandioca.

Tabela 34 – Comparação dos resultados da pesquisa com dados na literatura do processamento de 1 tonelada de mandioca

COMPARAÇÃO DA PESQUISA COM LITERATURA		
Literatura x pesquisa	R\$/litro	Produtividade por tonelada (litros)
Dados da pesquisa	0,53	188
Santana (2007)	Não apresentado	143
Felipe e Alves (2007))	Não apresentado	85

Nesse contexto, observa-se na tabela 34 que a produção de etanol obtida na pesquisa é superior as encontradas na literatura. O custo não pode ser comparado pelo fato de não serem apresentados os custos do processamento de mandioca para obtenção de etanol.

Os resíduos sólidos, resultantes do processo, são ricos em proteínas e podem servir para adubação através de compostagem dos resíduos.

4.4 Custo total do litro de etanol obtido a partir de mandioca

Considerando que a partir de 1000 Kg de mandioca é possível a produção de 188 litros de etanol hidratado e que o custo de produção de 1 tonelada de mandioca é de R\$ 90,00 (noventa reais) a contribuição da matéria-prima no custo final de produção de etanol é de R\$ 0,48 (quarenta e oito centavos de real). Somado ao custo de processamento que é R\$ 0,53 (cinquenta e três centavos de real) o preço total de produção de etanol a partir da mandioca é de R\$ 1,01 (um real e um centavo). Para este custo de produção o processamento contribui com 52,5% e a matéria-prima com 47,5%.

A tabela 35 apresenta uma simulação para o preço do etanol para diferentes valores de aquisição da matéria prima. Pode-se observar que a elevação em R\$ 10,00 (dez reais) no preço da tonelada de mandioca eleva o preço do etanol para R\$ 1,06 (um real e seis centavos), onde a contribuição percentual da matéria prima e processamento são praticamente iguais. Com a elevação do preço da mandioca para patamares mais elevados o custo do etanol torna-se mais elevado.

Tabela 35 – Simulação do custo de 1 litro de etanol com diversos custos de matéria-prima

R\$ Tonelada de mandioca	R\$ processamento	R\$ da matéria-prima por litro de etanol,	R\$ Final	% Matéria-prima	% Processamento
90	0,53	0,48	1,01	47,5	52,5
100	0,53	0,53	1,06	50,1	49,9
120	0,53	0,64	1,17	54,6	45,4
150	0,53	0,80	1,33	60,1	39,9
200	0,53	1,06	1,59	66,7	33,3
250	0,53	1,33	1,86	71,5	28,5
300	0,53	1,60	2,13	75,1	24,9

Outra variável a ser observada quando da produção de etanol a partir de mandioca é o teor de amido que está contêm. Quanto maior o teor de amido presente na mandioca maior será a produção de etanol por tonelada de matéria-prima e menor será o custo de produção do etanol. Neste trabalho foi analisada uma mandioca com teor de amido de 25%. Caso uma mandioca com teor de amido inferior a este valor for utilizada a quantidade de etanol produzida no processamento de uma tonelada de mandioca irá cair fazendo com que a o preço de processamento e da matéria-prima por litro de álcool produzido seja elevado. Caso contrario, iria ocorrer caso a matéria-prima ensaiada possua teores de amido superiores a 25%.

5 CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada em materiais já publicados acerca da produção de etanol a partir da mandioca como matéria-prima, pode-se perceber que a mandioca apresenta potencial de utilização para a produção do etanol devido às suas características biológicas, que podem colaborar de forma significativa para a redução dos impactos sociais e ambientais decorrentes da produção dessa *commodity*.

O potencial da cultura de mandioca é pouco explorado devido ao seu desenvolvimento tecnológico não ter avançado nas últimas décadas. A potencialidade produtiva da cultura só será relevante com forte apoio do setor público e das diversas organizações em prol do meio ambiente, diversificação de culturas e opção de renda para pequenos e médios produtores dos mais de 80 países nos quais se desenvolve esta cultura.

Buscando comprovar as teorias relacionadas ao potencial competitivo da mandioca no mercado onde a cana-de-açúcar apresenta vantagens econômicas e grande extensão de cultivo, fez-se necessário uma análise dos custos envolvidos na produção de etanol empregando mandioca como matéria-prima.

Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa, analisar a viabilidade técnica e econômica da produção de etanol empregando mandioca como matéria-prima, foi alcançado. Para tal, foi utilizado o Método ABC, realizando-se o levantamento dos custos do cultivo e processamento de mandioca por etapas.

Inicialmente foram levantados os custos do cultivo da mandioca através da utilização do Método ABC. Assim, possibilitou-se na primeira parte deste estudo levantar informações relevantes na cultura através do método, chegando ao custo de R\$ 2.283,56 (dois mil duzentos e oitenta e três reais e cinquenta e seis centavos) por hectare e R\$ 90,00 (noventa reais) por tonelada da mandioca, levando em consideração uma produtividade de 25.000 kg por hectare.

Na segunda fase, determinaram-se, pelo mesmo método, os custos para produção de etanol empregando mandioca como matéria-prima. Após acompanhar todas as atividades relevantes no processamento, obteve-se o custo de R\$ 300,02 (trezentos reais e dois centavos) para processar 3.000 Kg de mandioca e R\$ 0,53

(cinquenta e três centavos de real) por litro de etanol hidratado, levando em consideração 564 litros obtidos no processamento.

O levantamento dos custos ocorreu por etapa de produção. A seção 4.1 apresenta detalhadamente todas as etapas do cultivo da mandioca em pequena propriedade rural. No item 4.2, são apresentadas todas as etapas de processamento de mandioca em pequena unidade de processamento de álcool.

E por fim, foi possível determinar o custo unitário da produção de etanol combustível em uma pequena unidade de produção. Portanto, o preço de comercialização da mandioca foi de R\$ 90,00 (noventa reais) por tonelada.

A contribuição da matéria prima no preço do etanol ficou em R\$ 0,48 (quarenta e oito centavos de real), e R\$ 0,53 (cinquenta e três centavos de real) por litro de etanol hidratado fazendo com que o preço final do etanol ficasse em R\$ 1,01 (um real e um centavo). Concluiu-se que deste total 52,5% corresponde aos custos de processamento e 47,5% corresponde ao custo da matéria prima.

Como a finalidade do etanol é o consumo próprio para pequenos produtores ou cooperativas de produtores

O preço médio de mercado posto na usina é de R\$ 1,15 (um real e quinze centavos), por litro de etanol, como apresentado pelo Centro de Estudos Avançados e Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo - Cepea/USP (2011). Com os dados obtidos na pesquisa os produtores conseguem uma margem de R\$ 0,14 (quatorze centavos de real) por litro de etanol, ou seja, o processamento de mandioca é viável.

Apesar da exaustiva pesquisa em materiais já publicados acerca do assunto e de pesquisas que vêm sendo realizada em diversos países do mundo, esta cultura é pouco difundida e valorizada quanto ao seu potencial energético. Ressalta-se também que este estudo é uma etapa preliminar para se confirmar o potencial econômico que esta cultura representa para a produção do etanol.

Portanto, apresenta-se como oportunidades para trabalhos futuros o estudo de formas de utilização das demais partes da planta, como a parte aérea, que é rica em fibras e proteínas e que pode ser incluída na alimentação de animais. Os resíduos sólidos resultantes do processamento de mandioca para a obtenção de etanol podem ser utilizados na alimentação animal por serem fontes de fibras. Por outro lado, os efluentes necessitam de estudo para avaliação da sua composição química para verificar a empregabilidade como adubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AES Sul. **Reclassificação tarifária fornecimentos rurais**. In: AES Sul uma empresa AES do Brasil. Disponível em: <<http://www.aessul.com.br/areacliente//servicos/reclassificacaoTarifaria.asp>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. Sistema de levantamento de preços: diesel. In: Ministérios de Minas e Energia. Santa Maria, 2011. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Municipio_Posto.asp>. Acesso em: 20 jun. 2011.

AQUARONE, Eugênio. et al. **Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

ASSIS, Elaine Gomes. **O custeio ABC e sua utilização para estudar o preço de venda de produtos em uma empresa alimentícia e outra de bem durável na cidade de Uberlândia**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Porto Alegre, Brasil, 2005.

ATTHASAMPUNNA, P. et al. Production of fuel ethanol from cassava. World Journal of Microbiology and Biotechnology, [S.l.], v. 3, p. 135-142, 1987. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/n0458076h83w808t/>> Acesso em: 8 ago. 2011.

BARROS, Geraldo Sant'Ana de Camargo (Coord.). **Melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial da mandioca no Estado de São Paulo**. São Paulo: Sebrae; Piracicaba: ESALQ/CEPEA, 2004.

BATALHA, Mario Otávio et al. **Introdução a Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BAZUCA 2 LINHAS.JPG. Altura: 395 pixels. Largura: 908 pixels. Formato JPEG. In: PLANTI CENTER. **Plantadeira de mandioca**. Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.plantcenter.com.br/pg_produto_mostra.php>. Acesso em: 28 jun 2011.

BEULKE, Rolando; BERTÓ, Dalvio José. **Gestão de custos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BIODIESEL. O ABC dos biocombustíveis – Glossário In: Biodiesel.br. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/glossario-abc-biocombustiveis.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2011.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL CHANNEL. Mapa do Rio Grande do Sul e da Mesorregião Centro-Ocidenta. Disponível em: <http://www.brasilchannel.com.br/municipios/index.asp?nome=Rio+Grande+do+Sul®iao=Centro+Occidental>. Acesso em: 29 jul. 2011.

Centro de Estudos Avançados e Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo - CEPEA/USP. Etanol, 2011. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br. Acesso em: 15 ago. 2011.

CEREDA, Marney Pascoli. (Coord.). **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994.

CEREDA, Marney; VILPOUX, Olivier François. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003.

CHING, Hong Yuh. **Gestão baseada em custeio por atividades**. São Paulo: Atlas, 2001.

CONCEIÇÃO, Antonio José da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981.

CORSAN. **Sistema tarifário**: tarifa empresarial na categoria industrial. In: Corsan. Disponível em: < <http://www.corsan.com.br/node/18>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

DAB Fertilizantes. **Preço fertilizante 5.20.20**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por anamariafabricio@yahoo.com.br em 19 ago. 2010.

DAÍ, Du, et. al. Energy efficiency and potentials of cassava fuel ethanol in Guangxi region of China. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], v. 47, p. 1686–1699, aug. 2006.

DIEHL, Carlos Alberto. **O uso do ABC como ferramenta gerencial**: uma experiência em empresa de pequeno porte. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Curitiba, Paraná, Brasil, 2002.

DUTRA, René Gomes. **Custos**: uma abordagem prática. São Paulo: Atlas, 2008.

EMATER. **Cultivo de mandioca**: plante bem ganhe mais. Porto Alegre: [s.n.], 2006. (Documento, 5012).

ESPAÇO DO PRODUTOR. Farinha de mandioca registra maior índice de produção nos últimos sete anos. In: Espaço do produtor. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/verNoticia.php?codigo=553&acao=exibir>. Acesso em: 20 nov. 2010.

FAGUNDES, Lovane Klein. **Desenvolvimento, crescimento e produtividade da mandioca em função de datas de plantio**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2010.

FAO. Agriculture, alimentation et nutrition em Afrique: un ouvrage de reference à l'usage des professeurs d'agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2001.

FAO. Global cassava market study. **Business opportunities for the use of cassava**. Proceedings of the Validation Forum on the Global Cassava Development Strategy. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, v. 6, 2004.

FELIPE, Fábio Isaias; ALVES, Lucilio Rogério Aparecido. Álcool de mandioca pode ser alternativa de energia renovável. **Jornal de Piracicaba**, São Paulo, p. b-5, 07 nov. 2007.

FELIPE, Fábio Isaias, et al. **Custos de produção de mandioca para a safra 2007/08 na Região de Assis (SP)**. In: XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 5. São Paulo, 2009.

FERES, Paulo Fernando Dias. **Os biocombusíveis na matriz energética alemã: possibilidade de cooperação com o Brasil**. Brasília: FUNAG, 2010.

FIDALSKI, Jonez. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.8, p. 1353-1359, ago. 1999.

FIGUEIREDO, Priscila Gonzales et al. Brotação e altura de plantas de mandioca em função da velocidade de plantio mecanizado em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p.19-25, 2010.

FOLEGATTI, Marília I. S.; MATSUURA, Fernando C. A. U. **Mandioca e derivados**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, [s.l.], [s.d.]

FRAIFE FILHO, Gilberto de Andrade; SIQUEIRA, José Jorge. Mandioca: culturas atendidas. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [2008]. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/Mandioca.htm> Acesso em: 14 nov. 2010.

FUKUDA, Chigeru, OTSUBO, Auro Akira. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. In: EMBRAPA mandioca e fruticultura. [S.l.], 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/plantio.htm. Acesso em: 20 nov 2010.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Harbra, 1997.

GLICK, Noah D.; BLACKMORE, C. Craig; ZELMAN, William N. Extending Simulation Modeling to Activity-Based Costing for Clinical Procedures. **Journal of Medical Systems**, [S.l.], v. 24, p. 77-89, 2000.

GOMES, José Henrique de Freitas; PAMPLONA, Edson de Oliveira. **Identificação e análise das variações de custos no sistema abc: uma aplicação em uma indústria de autopeças**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

HORNGREN, Charles T.; FOSTER, George; DATAR, Srikant M. **Contabilidade de Custos**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 2000.

IICA - Instituto Interamericano de Cooperação Para a Agricultura. Informe sobre a Situação e Perspectivas da Agroenergia e dos Biocombustíveis no Brasil, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Valor da produção agrícola cai 5,3% de 2008 para 2009. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1736&id_pagina=1>. Acesso em: 05 nov. 2010.

JORNAL DA GLOBO. Governo prepara MP para incentivar produção e estocagem de etanol. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2011/07/governo-vai-incentivar-producao-e-estocagem-de-etanol-no-pais.html>>. Acesso em: 28 jul. 2011.

KLOSOWSKI, Grzegorz; CZUPRYN, Boguslaw; WOLSKA, Malgorzata. Characteristics of alcoholic fermentation with the application of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts: As-4 strain and I-7-43 fusant with amylolytic properties. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 4, p. 500-505, 2006.

KUIPER, Leen. et. al. **Bio - ethanol from cassava**. Ecofys Netherlands, 2007.

LIMANA Poliserviços. **Orçamento usina de álcool da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM**. Jaguari, Brasil, 2008.

LOVATO, Adalberto; EVANGELISTA, Mário Luiz Santos; GULLICH, Roque Ismael da Costa. **Metodologia da pesquisa**: normas para apresentação de trabalhos, redação, formatação e editoração. Três de Maio: Kunde, 2005.

MANALO, Romeo G.; MANALO, Marivic V. Quality, Cost and Delivery Performance Indicators and Activity-Based Costing. **IEEE**. Philippines, p. 869-874, 2010.

MARAFANTE, Luciano J. **Tecnologia da fabricação de álcool e do açúcar**. São Paulo: Ícone, 1993.

MENDES, Angelo Mansur et al. **A cadeia agroindustrial da mandioca em Rondônia**: Situação atual, desafios e perspectivas. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia: Sebrae Rondônia, 2009.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (Ed.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

MIRANDA, Gilberto José. et al. **ABC Costing in hospital Environment: a study in brazilian university hospitals**. X Congresso Internacional de Custos. Lyon, França, 2007.

NEGRÃO, Léony Luis Lopes; ICHIHARA, Jorge de Araújo; LUCENA, Bruno Rafael Dias de. **Implantação do custeio ABC em uma microempresa de fabricação de móveis**. XIV Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP. São Paulo, Brasil, 2007.

NOVOZYMES. Etanol, o combustível do futuro. In: Novozymes Latin America Ltda. Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.novozymes.com.br/produtosesolucoes_produtos_etanol.htm>. Acesso em: 09 jun. 2011.

O'HAIR, Stephen. Cassava. **New Crop**. Indiana (EUA): Center for New Crops & Plant Products, 1998. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

OSTROWSKI et al. **Obtenção de álcool etílico a partir do amido de mandioca**. I Mostra de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar - MICTI. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Camboriú, 2006.

QUIMIBRÁS INDÚSTRIAS QUÍMICAS S.A. Lista de preços de reagentes. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.quimibras.com.br/homepage/produtos/pro_rea_a.html>. Acesso em: 13 jun. 2011.

RAMOS JUNIOR, Edson Ulisses, et. al. **Avaliação de genótipos de mandioca na Região Sudoeste do Estado de São Paulo**. In: XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 6., São Paulo, 2009.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais**. In: BEUREN, Ilse Maria (Org.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. p. 76-96.

RECEITA FEDERAL. Artigo 305, RIR/99 – Depreciação de bens de ativo imobilizado. Lei nº 4.506 de 30 de novembro de 1964.

RIBEIRO, Angela Maria; et al. **Gerações do ABC: evolução e sua tendência**. XIII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, Bauru, São Paulo, Brasil, 2006.

RICHETTI, Alceu. **Empraba: Estimativa do Custo de Produção de Mandioca Industrial, Safra 2008**. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2008.

RICHETTI, Alceu. **Empraba: Estimativa do Custo de Produção de Mandioca Industrial, Safra 2007**. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2007.

SALLA, Diones Assis. **Análise Energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho.** 2008. 185 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, 2008.

SÁNCHEZ, Óscar .J.; CARDONA, Carlos A. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. **Bioresource Technology**, [S.l.] v. 99, p. 5270–5295, 2008.

SANTANA, Nívio Batista. **Eficiência da hidrólise de amido de mandioca por diferentes fontes de enzimas e rendimento da fermentação alcoólica para produção do etanol.** 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Mato Grosso, 2007.

SCHNEPF, Randy. **Cellulosic Ethanol: Feedstocks, Conversion Technologies, Economics, and Policy Options.** Congressional Research Service, United States, oct. 2010.

SCHWENGBER, José Ernani. A cultura da mandioca no RS: pesquisa associada e integração de esforços para a valorização da cultura. In: Portal do Agronegócio: Embrapa Clima Temperado. [S.l.], 2008. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=27447>. Acesso em: 15 nov. 2010.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. Cultivo da mandioca e contribuições indígenas. [s.d.] Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/setor/mandiocultura/setor1/mandioca/caracteristicas/integra_bia?ident_unico=120057>. Acesso em: 24 ago. 2010.

Secretária de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura da Mandioca.** In: Secretária de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária - Bahia. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Mandioca.htm#Necessidades%20da%20Planta> Acesso em: 24 nov. 2010.

SHEORAIN, Virender; BANKA, Rakesh; CHAVAN, Milind. Ethanol Production from Sorghum. Technical and institutional options for sorghum grain mold management proceedings of an international consultation, p 228-239, may 2000. Disponível em: <http://www.icrisat.org/text/research/grep/home_page/sgmm/chapter12.pdf>. Acesso em: 15 jun 2011.

SILVA, Jaevesson; FERREIRA FILHO, José Raimundo. **Produção de biomassa de mandioca.** Cruz das Almas: Bahia [s.n.], 2007. 2p (Número 34).

SOUZA, Luciano da Silva; FREITAS, Joselino de. Cultivo da mandioca para a região do Cerrado. In: EMBRAPA mandioca e fruticultura. [S.l.], 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/coeficientestecnicos.htm. Acesso em: 11 out. 2010.

SOUSA, Eduardo Leão de; MACEDO, Isaias de Carvalho (Coord). **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética.** São Paulo, 2009.

VALLE, Teresa Losada; FELTRAN, Jose Carlos; CARVALHO, Cassia Regina Limonta. Mandioca para a produção de etanol. 2009. In: Infobibos – Informações tecnológicas. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/mandioca/index.htm>. Acesso em: 09 dez. 2010.

ZANELLA, Paulo Danilo; RHODEN, Marcio Elizandro. **Projeto plantadeira de mandioca**. Ajuricaba: [s.n.], 2006.

ANEXOS

ANEXO 1 - DETALHAMENTOS DOS EQUIPAMENTOS E CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DA USINA DE PROCESSAMENTO DE ÁLCOOL

Os custos envolvidos na montagem de uma usina de processamento de etanol combustível de pequeno porte foram pesquisados e orçados na empresa Limana Poliserviços da cidade de Jaquari – RS, no formato da Usina de processamento de álcool da UFSM.

Apresenta-se o detalhamento dos equipamentos e respectivos custos. Estes equipamentos necessários para implantação de uma pequena unidade industrial, separados por equipamentos e especificações gerais, equipamentos para fermentação e equipamentos para destilação.

EQUIPAMENTO E ESPECIFICAÇÃO	Quant.	Valor Un.	Valor Total
Caldeira de vapor	1	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
Balança para pesagem da matéria prima. Capacidade de pesagem de no mínimo 500 Kg, digital, com rodas para deslocamento.	1	R\$ 3.078,00	R\$ 3.078,00
Equipamento para lavar e descascar mandioca. Capacidade de processamento de no mínimo 1000 kg/hora.	1	R\$10.744,36	R\$ 10.744,36
Bomba de água de lavagem com capacidade de no mínimo 2000 litros/hora, monofásica, construída em polipropileno	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00
Transportador de esteira, em aço inox 304 e aço carbono, para levar a mandioca até o ralador	1	R\$ 2.750,00	R\$ 2.750,00
Ralador, com capacidade de no mínimo 1.000 Kg/hora, para processamento de amiláceas (mandioca, batata doce, entre outros);	1	R\$ 7.601,44	R\$ 7.601,44
Eixo sem fim com comprimento mínimo de 3 metros, construído em aço inoxidável, com motor e redutor destinado ao descolamento dos amiláceos ralados até as dornas de cozimento.	1	R\$ 1.440,00	R\$ 1.440,00

Tanque de cozimento, em aço carbono, capacidade no mínimo 2.000 litros, chapa 5.00mm, fechado, fundo cônico, com termômetro, manômetro, válvula alívio, motor e hélice agitadora. Acabamento externo, pintura esmaltada. Dotado de sistema de serpentinas, em aço inoxidável, que permita a injeção de vapor ou água de modo a manter a temperatura de acordo com as condições de processo necessárias a esta operação unitária.	1	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
Conjunto de bomba e tubulação para transferência do tanque de cozimento para os tanques fermentadores. Bomba centrífuga com capacidade de no mínimo 2000 litros/hora fabricada em polipropileno.	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00

Os equipamentos descritos na figura acima são utilizados nos processos de recebimento, pesagem, limpeza das raízes, trituração e tratamento enzimático.

EQUIPAMENTO PARA FERMENTAÇÃO	Quant.	Valor Un.	Valor Total
Dornas de fermentação, em polipropileno, termômetro, serpentina interna de refrigeração em aço inox, capacidade mínima de 2.000 litros. Fundo cônico, reforço na borda superior.	3	R\$ 2.540,00	R\$ 7.620,00
Dorna, em aço inox, para multiplicação das leveduras, fechada, cinta de refrigeração, injeção de ar, sistema aquecimento. Capacidade mínima de 300 litros.	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Conjunto de bomba e tubulação para transferência de levedura da dorna de multiplicação de leveduras para as dornas de fermentação. Capacidade da bomba de no mínimo 300 litros/hora, fabricada em polipropileno.	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00
Tanque pulmão, com capacidade mínima de 4000 litros, fabricado em polipropileno para armazenagem do produto fermentado.	1	R\$ 3.120,00	R\$ 3.120,00
Conjunto de bomba e tubulação para transferência do vinho das dornas de fermentação dos fermentadores para o tanque pulmão.	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00

Os equipamentos apresentados na figura acima, são utilizados no processo de fermentação do mosto.

EQUIPAMENTO DESTILAÇÃO	Quant.	Valor Un.	Valor Total
Micro destilaria contínua para produção de Álcool com graduação 96°GL, em aço inox 304 /316, movida a vapor, capacidade mínima de produção 15 litros/hora, coluna A e B. Quadro de comando, termômetros, interruptoras, bomba de abastecimento, estrutura metálica em aço viga "I" para sustentação das colunas, escadas e aparos de segurança.	1	R\$ 65.375,00	R\$ 65.375,00
Tanque, para armazenamento de álcool de segunda, com capacidade mínima de 100 litros, fechado, fabricado em polipropileno.	1	R\$ 390,00	R\$ 390,00
Tanque, para armazenamento de álcool hidratado, com capacidade mínima de 1.000 litros, fabricação em polipropileno. Acoplado ao tanque moto bomba e hidrômetro.	1	R\$ 2.710,00	R\$ 2.710,00
Tanque, para armazenamento de óleo fúsel, em polipropileno, fechado, capacidade mínima de 100 litros.	1	R\$ 390,00	R\$ 390,00
Conjunto de bomba e tubulação para transferência de vinhaça para o reservatório. A bomba deverá ser centrífuga, fabricada em polipropileno, com capacidade mínima de 2.000 litros/hora.	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00
Conjunto de bomba e tubulação para transferência da vinhaça para fora do reservatório. A bomba deverá ser centrífuga, fabricada em polipropileno, com capacidade mínima de 2000 litros/hora.	1	R\$ 460,00	R\$ 460,00
Tanque para armazenamento de vinhaça, capacidade mínima de 6.000 litros, fabricado em fibra de vidro.	1	R\$ 1.540,00	R\$ 1.540,00

Os equipamentos apresentados na figura acima compreende aos equipamentos utilizados no processo de destilação e armazenamento do etanol.

Conforme orçamento para a montagem de uma pequena unidade de processamento de álcool são necessários R\$ 210.018,80 (duzentos e dez mil e dezoito reais e oitenta centavos), considerando o prédio que não foi construído pela Limana Poliserviços.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - ENTREVISTA COM PRODUTOR DE MANDIOCA

Localidade: Passo da Capivara, Santa Maria – RS

Área plantada: 9 hectares com o cultivo de mandioca

- Qual a época de plantio da mandioca?

Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro.

- Para o plantio de 1 ha de mandioca o que é necessário no primeiro ano de plantio?

5 sacas de adubo 5.20.20 ou seja, 300 Kg

56 fardos de ramas ou seja, 28 Kg

3 horas de trator para lavrar a terra;

2 horas de trator para gradear a terra;

1 hora e 20 minutos de trator para plantio das manivas com máquina;

3 litros de dessecante;

- Qual o consumo/hora de combustível no trator utilizado para preparo e plantio?

Trator 75 CV

Para gradear, o consumo é de 8 litros/hora;

Para gradear e plantio, o consumo é de 6 litros/hora;

Pra dessecar, o consumo é de 6 litros/hora.

- Como se procede o preparo do solo?

1º ano – Desseca, lava, gradeia e planta.

2º ano – Desseca e planta.

Devido à utilização da máquina para plantio de manivas a terra não necessita de muito preparo para não abatumar (socar). Com a utilização da máquina propicia maior ventilação.

- Sobre a máquina para plantio?

É da marca Planti Center, Bazuca 2 linhas, hidráulica.

Possui um rendimento de 8 ha/dia. Se o ramo for comprido, o rendimento pode chegar a até 10 ha/dia.

O trator utilizado pelo produtor é de 75 cv, possui um consumo médio de 8 litros de diesel/hora.

Para manuseio da máquina, são necessárias 2 pessoas.

No trator, é necessário 1 pessoa.

- Qual espaçamento utilizado para plantio das manivas?

90 cm entre as linhas.

60 à 80 cm entre as manivas.

Quando plantado no mês de setembro, considerado do cedo, apresenta produtividade maior e mais rápido.

Quando utilizado espaçamento de 1 metro por 1 metro entre as linhas, o crescimento será mais rápido.

- Capina mecanizada:

É utilizada a capinadeira de milho, quando a planta estiver com aproximadamente 25 cm de altura.

Mão-de-obra trator é necessário 1 pessoa.

30 minutos por ha.

10 litros de diesel/hora.

1 Kg de formicida para o controle de formigas;

- Quais espécies cultivadas?

Pessegueiro e Vassourinha, ambas possuem a mesma capacidade de produção, a espécie Pessegueiro produz raízes mais compridas, a espécie Vassourinha produz raízes mais curtas e grossas e resiste melhor ao frio.

- Época de colheita?

Meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, podendo se estender até o final do ano.

- Em que época ocorre a poda?

Antes da geada, logo depois da queda da folha.

- Como se armazenam as manivas?

São armazenadas na própria lavoura em montes de 30 cm de altura, cobertos com a parte superior das manivas e terra para proteger do frio e da geada.

- Como ocorre o plantio para industrialização?

Planta-se no mês de setembro e a colheita ocorre no mês de fevereiro.

Pode-se utilizar calcário, quando for utilizado para a indústria, não é necessário neste caso fazer rotatividade.

A colheita média é de 1 ha/dia

Obs.: Após a colheita da mandioca, planta a aveia para alimentação do gado e cobertura da terra.

A rotação deve ocorrer à cada 3 anos, com soja: 3 anos mandioca, 3 anos soja.