

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

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E
ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL EM
PLANTA PILOTO A PARTIR DA BATATA-DOCE
(*Ipomoea batatas*)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Loana Wollmann Taborda

Santa Maria, RS, Brasil,

2014

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
PRODUÇÃO DE ETANOL EM PLANTA PILOTO A PARTIR
DA BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)**

Loana Wollmann Taborda

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

Orientador: Profº. Dr. Sérgio Luiz Jahn

**Santa Maria, RS, Brasil,
2014**

Wollmann Taborda, Loana

Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol em planta piloto a partir da batata-doce (Ipomoea batatas) / Loana Wollmann Taborda.-2014.
92 p.; 30cm

Orientador: Sérgio Luiz Jahn

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2014

1. Etanol 2. Amiláceas 3. Batata-doce 4. Pequenas unidades de produção de etanol 5. Desenvolvimento sustentável I. Jahn, Sérgio Luiz II. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pela autora.

© 2014

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

Endereço: C. Glória, Independência, RS, CEP: 98915-000

Fone: (055) 55 9614 5256; E-mail: loanataborda@yahoo.com.br

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

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

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
PRODUÇÃO DE ETANOL EM PLANTA PILOTO A PARTIR DA
BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)**

elaborada por
Loana Wollmann Taborda

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Lisiane de Marsillac Terra, Dra. (UFSM)

Mário Luiz Santos Evangelista, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 22 de julho de 2014.

“Os cientistas estudam o mundo como ele é. Engenheiros criam um mundo como nunca antes existiu”.

Theodore Von Kármán

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida e por iluminar meu caminho.

A minha mãe Albina e ao meu pai Noli (*in memorian*) agradeço pela força, dedicação, educação e ensinamentos.

Agradeço ao meu irmão Rodrigo, a minha cunhada Paula e meu sobrinho Henrique pelo apoio e incentivo a este desafio.

Agradeço ao Professor orientador Dr. Sérgio Luiz Jahn pelo desafio lançado, pelo tempo de dedicação e conhecimento construído ao longo da realização desta pesquisa.

Ao Professor MSc. Adalberto Lovato pela amizade, pelas horas de orientação, e estímulo ao curso de mestrado.

Ao Professor MSc. Cícero Nogueira e ao Sr. José Soares pela disponibilidade da realização dos experimentos na usina piloto de etanol.

A todos os Professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) por compartilharem de seus conhecimentos ao longo deste curso.

As minhas amigas Lucinéia, Tânia, Cilione, Pâmela, Elisângela e Ana Maria pelo incentivo e motivação para a conquista deste título.

Ao meu noivo Cristiano, pela compreensão e apoio aos meus estudos.

Enfim, a todos meus amigos, familiares e colegas que de uma ou outra forma me ajudaram nesta caminhada para concretização deste estudo.

RESUMO

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

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL EM PLANTA PILOTO A PARTIR DA BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)

AUTORA: LOANA WOLLMANN TABORDA

ORIENTADOR: SÉRGIO LUIZ JAHN, Dr.

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de Julho de 2014.

Os biocombustíveis ampliam gradativamente seu potencial de participação de geração de energia, em decorrência da redução progressiva das reservas de carbono fóssil, aliado à crescente demanda energética da sociedade. O Brasil possui condições favoráveis ao cultivo de espécies bioenergéticas por apresentar clima tropical, que atualmente está concentrado no setor sucroalcooleiro tendo como fonte principal a cana-de-açúcar. Devido às baixas temperaturas no inverno e incidências de formação de geadas, apenas parte do estado do Rio Grande do Sul tem potencial climático para o plantio da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, reduzida participação na produção de etanol no cenário nacional. Uma fonte de matéria-prima alternativa são as amiláceas, das quais podemos destacar a batata-doce e a mandioca. Além do cultivo de subsistência a batata-doce (*Ipomoea batatas*) pode ser comercializada para a indústria de biocombustíveis, beneficiando pequenos agricultores. Este trabalho determina a viabilidade técnica e econômica de produção de etanol combustível, em uma pequena unidade de produção na cidade de Santa Maria, região central do Estado do Rio Grande do Sul, empregando a amilácea batata-doce (*Ipomoea batatas*). Os resultados apresentam viabilidade técnica de produção de etanol a partir de batata-doce, de 1000 Kg de matéria-prima foram obtidos 190 litros de etanol hidratado. Sob o ponto de vista econômico os custos industriais obtidos foram de R\$ 0,96 (noventa e seis centavos) por litro de etanol hidratado, deste valor 35,4% corresponde à contribuição do custo da matéria-prima

e 64,6% contribuição do custo de processamento. Do custeio ABC conclui-se que o principal elemento de despesa foi a mão-de-obra (37%) e, em relação às atividades a que apresentou mais dispêndio foi a destilação (35%). Tanto tecnicamente como economicamente a implantação de uma pequena unidade industrial não exige capacidade de economia de escala, ou seja, os investimentos são suportáveis por uma pequena propriedade agrícola. O processo revela-se flexível, permitindo a utilização da mesma unidade industrial com uma matriz diversificada de produtos agrícolas, característica que permite estabilidade de produção nas várias estações do ano e reduz o risco da dependência de uma só cultura.

Palavras-chave: Etanol. Amiláceas. Batata doce. Desenvolvimento sustentável. Pequenas unidades de produção de etanol.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Postgraduate Program in Production Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

EVALUATION OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF ETHANOL PRODUCTION IN A PILOT PLANT USING SWEET POTATOES

AUTHOR: LOANA WOLLMANN TABORDA

ADVISER: SERGIO LUIZ JAHN, Dr

Defense Place and Date: Santa Maria, July 22nd, 2014.

Biofuels gradually expand their potential share in power generation, due to the progressive reduction of fossil carbon reserves, combined with growing energy demands of society. Brazil has favorable conditions for the cultivation of bioenergy sources due to its tropical climate and it's currently concentrated on a single source, sugar cane. However, due to the low temperatures in winter and incidences of frost, only the State of Rio Grande do Sul doesn't have the potential climate for planting sugar cane and, consequently, its reduced share in the production of ethanol. An alternative to sugar cane are the starchy, among which we can highlight sweet potato and cassava. Apart from subsistence farming, sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) may be marketed for the biofuels industry, benefiting small farmers. This project intends to determine the technical and economic feasibility of producing ethanol fuel in a small plant in the town of Santa Maria, the central region of Rio Grande do Sul, using as raw materials sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch. Results show technical feasibility, obtaining 190 liters of hydrous ethanol from 1,000 kg of sweet potato. Processing cost amounts R\$ 0.96 (US 0.46) per liter. From this value, 35.4% is the raw material contribution and 64.6% is due to processing cost. ABC cost was applied and the main expenditure element was manpower (37%) and the main activity cost was distillation (35%). Both technically and economically deploying a small industrial unit requires no large economic support, what means that it's an affordable investments for a small farmer. And finally, the process is flexible, because it can use several raw materials to produce ethanol, like manioc, sweet potato and

sweet sorghums. That characteristic can allow a more continuous production around the year and can minimize the risks of dependence from one sole crop.

Keywords: Ethanol. Amylaceous. Sweet potato. Sustainable development. Small units of ethanol production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Produtividade da cultura da cana-de-açúcar nas regiões do Brasil	23
Figura 2.2 - Mapa da produtividade de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul	24
Figura 2.3 - Diagrama dos principais processos de conversão energética da biomassa.....	25
Figura 2.4 - Relação área plantada com quantidade produzida da cultura da batata-doce nas Regiões do Brasil.....	32
Figura 2.5 - Quantidade produzida das culturas da batata-doce e da cana-de-açúcar nas regiões do Brasil.....	33
Figura 3.1 - Fases de elaboração da pesquisa	40
Figura 4.1 – Fluxograma do processamento da batata-doce	45
Figura 4.2 – Vista externa da usina piloto de etanol.....	46
Figura 4.3 – Vista da alimentação da lavadora com tambor rotativo	47
Figura 4.4 – Vista frontal da esteira transportadora que leva a matéria-prima do tambor de lavagem para o triturador	47
Figura 4.5 – Vista externa do triturador de facas rotativas	48
Figura 4.6 – Vista externa do tanque de hidrólise	48
Figura 4.7 – Vista interna do tanque de hidrólise	49
Figura 4.8 – Enzimas alfa-amilase e glucoamilase	49
Figura 4.9 – Diagrama das etapas do processo da hidrólise	50
Figura 4.10 - Dornas de fermentação.....	50
Figura 4.11 - Análise de percentual de álcool v/v durante processo de fermentação.....	51
Figura 4.12 - Microdestilaria no sistema de batelada. A esquerda, do lado externo do prédio, a torre de destilação. A direita, na parte interna, os recipientes do álcool destilado.....	52
Figura 4.13 – Balanço de massa.....	53
Figura 4.14 - Sequência de processos considerados para balanceamento de capacidades	57
Figura 4.15 - Sequência temporal das atividades nos três primeiros dias de operação	59
Figura 4.16 - Distribuição dos custos por atividade	67
Figura 4.17 - Distribuição dos custos por elemento de despesa para produção de etanol a partir de batata-doce em uma usina piloto de etanol	68
Figura 4.18 - Gráfico da influência da produtividade por hectare no custo final de produção do etanol.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Principais fontes de carboidratos	26
Quadro 2.2 - Cultivares de batata-doce e suas características	30
Quadro 4.1 – Mapeamento das Atividades	54
Quadro 4.2 – Identificação dos elementos de despesa para cada atividade	55
Quadro 4.3 – Unidade de medida dos elementos de despesa.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Produtividade nacional e rendimento anual de diversas fontes de carboidratos e álcool	27
Tabela 2.2 - Variedades de batata-doce e suas características desenvolvidas pela Embrapa.....	30
Tabela 2.3 - Produção agrícola por Regiões do Brasil em relação à cultura da batata-doce em 2011.....	32
Tabela 4.1 – Amostras de % álcool v/v durante processo de fermentação.....	51
Tabela 4.2 – Capacidade total dos equipamentos da usina piloto de etanol da UFSM	56
Tabela 4.3 – Tempo por atividade para processamento de 1000 Kg de batata-doce	57
Tabela 4.4 – Detalhamento dos custos no processo de recepção e pesagem	61
Tabela 4.5 – Detalhamento dos custos no processo de limpeza	61
Tabela 4.6 – Detalhamento dos custos no processo de moagem.....	62
Tabela 4.7 – Detalhamento dos custos no processo de hidrólise	62
Tabela 4.8 – Detalhamento dos custos no processo de fermentação.....	63
Tabela 4.9 – Detalhamento dos custos no processo de destilação.....	63
Tabela 4.10 – Detalhamento dos custos no processo de geração de vapor	64
Tabela 4.11 – Dados dos equipamentos e instalações para a depreciação	65
Tabela 4.12 – Depreciação dos equipamentos e instalações	65
Tabela 4.13 – Distribuição dos custos no processamento de 2000 Kg de batata-doce para produção de etanol	66
Tabela 4.14 – Influência da produtividade de batata-doce por hectare no custo final de produção do etanol.....	70
Tabela 4.15 – Influência do teor de amido no volume de etanol 92° GL produzido no processamento de 1000 Kg de batata-doce.....	71
Tabela 4.16 – Influência da produtividade por hectare e teor de amido da batata-doce no volume total de etanol que pode ser obtido no processo.....	72
Tabela 4.17 – Análise dos custos de produção por litro de etanol obtido a partir da batata-doce, mandioca e sorgo sacarino	73
Tabela 4.18 – Análise de produção de etanol por hectare obtido a partir da batata-doce, mandioca, sorgo sacarino e cana-de-açúcar.....	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	<i>Activity Based Costing</i> (Custeio Baseado em Atividades)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CIP	Centro Internacional de La Papa
CNPH	Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças
COOPERBIO	Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
h	Horas
Ha	Hectare
HP	Horse Power
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
INTA	Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária
Kg	Quilograma
ml	Mililitro
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
RKW	<i>Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit</i>
R\$	Reais
t	Tonelada
UEP	Unidade de Esforço de Produção
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
V/V	Volume/ Volume
°C	Graus Celcius
°GL	Teor alcoólico em volume
%	Percentual

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1	Tema	18
1.1.1	Delimitação do tema.....	18
1.2	Problema	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	Justificativa	19
1.5	Estrutura do texto	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Produção de etanol em pequena escala	22
2.2	Problema de produção de cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul	22
2.3	Matérias-primas alternativas para produção de etanol	25
2.4	Produção de batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	28
2.4.1	Cultivares da batata-doce	29
2.4.2	Cultivo da batata-doce	31
2.4.3	Produtividade da batata-doce	31
2.4.4	Custos de produção da batata-doce	33
2.5	Balanco de massas	34
2.6	Sistemas de custeio	35
2.6.1	Princípio de custeio	35
2.6.2	Métodos de custeio	35
2.6.2.1	Mapeamento das atividades	37
2.6.2.2	Alocação dos custos às atividades	37
2.6.2.3	Redistribuição secundária.....	37
2.6.2.4	Cálculo dos custos dos produtos	38
3	METODOLOGIA	39
3.1	Caracterização da pesquisa	39
3.2	Fases da pesquisa	40
3.2.1	Fase 1: Análise do processamento da batata-doce	40
3.2.2	Fase 2: Análise do custeio ABC.....	43
3.2.3	Fase 3: Resultados	44
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
4.1	Etapas do processamento da batata-doce	45
4.2	Balanco de massa	52
4.3	Determinação dos custos por etapa de processamento	54
4.4	Determinação do custo total do litro de etanol hidratado obtido a partir da batata-doce	69
4.5	Análise de sensibilidade	69
4.6	Análise dos resultados da aplicação do custeio ABC entre as matérias-primas batata-doce, mandioca e sorgo sacarino	73
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICES	86

ANEXOS.....87

1. INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis ampliam gradativamente seu potencial de participação de geração de energia, em decorrência da redução progressiva das reservas de carbono fóssil, aliado à crescente demanda energética da sociedade e pressões ambientalistas.

Entre as alternativas para diversificação da matriz energética, o etanol é tido como uma das mais promissoras (CASTRO, *et al.*, 2008). De acordo com Ministério de Minas e Energia (2012), na matriz energética mundial, o Brasil destaca-se na produção de energia utilizando fontes renováveis, ressaltando-se a produção do etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar em grandes destilarias.

No aspecto socioeconômico, o aproveitamento energético e racional da biomassa poderia promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e geração de receita (ANEEL, 2002, p. 61).

Neste contexto o estudo de viabilidade técnica e econômica se faz necessário para validar a utilização de outras fontes de biomassa para a produção de etanol. Fabrício (2011) e Weschenfelder (2011) estudaram casos semelhantes, na Universidade Federal de Santa Maria, apurando os custos de produção de etanol ao empregar a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como matéria-prima, respectivamente. O objetivo em ambos os casos foi validar a produção de etanol em pequena unidade de produção. Diferentemente, neste caso serão apresentados cenários utilizando diferentes fontes de matérias-primas amiláceas.

Dentre a variedade de fontes de biomassa amiláceas, a batata-doce (*Ipomoea batatas*) está desencadeando novas pesquisas. A pesquisa de Duvernay (2008), desenvolvida na Universidade do Estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, teve por objetivo obter informações para definir o melhor processo para conversão de uma variedade de batata-doce (FTA-94) em etanol.

No âmbito socioeconômico e científico o trabalho torna-se relevante, por apresentar uma alternativa com duas características de importante valor regional e

social. É capaz de substituir a cana-de-açúcar por outra cultura adaptada as condições edafoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul. Revela-se um processo cuja implantação não exige investimentos fora do alcance do poder econômico de uma cooperativa de pequenos produtores ou mesmo produtores dispostos a investimentos em pequenas agroindústrias.

E ainda traz à tona a produção integrada de alimento e energia na pequena propriedade, descentralizando a produção de álcool e aproveitando o potencial de culturas regionais (CASTRO, *et al.*, 2008).

1.1 Tema

Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol empregando matérias-primas amiláceas.

1.1.1 Delimitação do tema

Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol empregando como matéria-prima amilácea a batata-doce (*Ipomoea batatas*), em uma usina piloto de etanol localizada na cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, no período de agosto de 2012 a junho de 2014.

1.2 Problema

O cultivo da cana-de-açúcar apresenta exigências edafoclimáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do país, em especial, o Rio Grande do Sul, o que não ocorre com algumas amiláceas. Neste sentido questiona-se: A batata-doce (*Ipomoea batatas*) apresenta condições técnicas e econômicas para produção de etanol em pequenas unidades industriais?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade técnica e econômica do processo de produção de etanol a partir da batata-doce (*Ipomoea batatas*).

1.3.2 Objetivos específicos

Realizar ensaio de produção de etanol em unidade piloto empregando processo de sacarificação do amido presente na batata-doce;

Realizar balanço de massa da campanha de produção de etanol;

Quantificar a utilização de insumos, mão-de-obra e energia elétrica necessária para executar cada etapa do processo de produção de etanol;

Determinar o custo de produção de etanol empregando o método contábil denominada ABC.

1.4 Justificativa

A exploração das fontes energéticas está passando por uma revolução, deixando de ser missão de grandes companhias estatais ou particulares. A exploração do carvão, do petróleo, das usinas nucleares, dos complexos hidroelétricos, e da produção de álcool sempre esteve a cargo de organizações de grande poder econômico. A energia solar abriu a oportunidade de democratizar a produção de energia elétrica, com o uso de células fotovoltaicas (DAVIDSON, 2012). Assim também a produção de álcool hoje afeta a grandes empresas do complexo sucroalcooleiro, pode ter uma alternativa mais democrática se o pequeno produtor rural tiver condições de produzir o etanol com menor custo, menor investimento e maior flexibilidade no que diz respeito à matéria-prima vegetal.

Precisa-se aproveitar as oportunidades para alterar efetivamente velhos paradigmas, atualmente orientados para a concentração de ativos e de renda, para superar a exploração irracional dos recursos naturais e a discriminação das oportunidades.

Nas diretrizes previstas para a política sobre biocombustíveis e agricultura familiar está previsto:

Desenvolvimento tecnológico – por meio da promoção de tecnologias adequadas que proporcione maior competitividade, agregação de valor aos produtos, redução de impactos ambientais e inserção econômica e social. Destaque para o desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao aproveitamento da biomassa energética em pequena escala (SEPÚLVEDA, *et al*, 2008, p. 97).

A empresa Limana Polisserviços, localizada no município de Jaguari e a empresa USI-Biorefinarias, localizada no município de São Vicente, ambas da região central do Estado do Rio Grande do Sul estruturaram modelos de negócios com a finalidade de agregar renda a agricultura familiar através da produção de etanol associada à produção de alimentos, empregando diferentes matérias-primas. Para tal estas estão fabricando unidades industriais com capacidade de produção de 1000 a 5000 litros/dia de etanol hidratado grau combustível e os subprodutos desta produção são empregados para alimentação animal.

Até o momento as tecnologias empregadas por estas empresas não foram validadas técnica e economicamente. Assim, com execução deste projeto se pretende buscar uma alternativa para as tecnologias empregadas por ambas as empresas. Foram realizados ensaios com a batata-doce (*Ipomoea Batatas*) empregando processo de sacarificação do amido presente nesta matéria-prima, com subsequente fermentação e destilação do etanol formado.

Num programa de projetos do qual este faz parte, a análise econômica foi realizada com base na utilização de diferentes fontes de matéria-prima para a produção de etanol como, por exemplo: mandioca, batata-doce, sorgo sacarino, resíduos de arroz e resíduos da produção de polvilho.

Acredita-se que o estudo da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol combustível em mini e micro-destilarias empregando matérias-primas amiláceas poderá contribuir com a estruturação de um novo modelo de negócios que possa agregar renda ao trabalhador do campo, principalmente o pequeno produtor, e contribuir para o crescimento da produção de etanol, reduzindo a dependência das grandes usinas produtoras deste combustível.

1.5 Estrutura do texto

Este trabalho foi estruturado em capítulos. O primeiro traz a introdução, incluindo o tema, a delimitação do tema, o problema da pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa e a estrutura do trabalho.

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

O capítulo 3 apresenta os métodos utilizados para atingir o objetivo geral.

No capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados da pesquisa.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do estudo.

Em seguida é apresentada a conclusão do trabalho, com sugestões de trabalhos futuros.

E por fim, as referências utilizadas na pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Produção de etanol em pequena escala

A produção de etanol em pequena escala ou realizada por pequenos agricultores não tem tradição no Brasil (OLIVEIRA, 2011). Por este motivo novos estudos estão sendo desenvolvidos para analisar a viabilidade econômica da produção de etanol em pequena escala. A exemplo, Fabrício (2011) desenvolveu a pesquisa de viabilidade técnica e econômica empregando a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) como matéria-prima. Já Weschenfelder (2011), apurou os custos de produção de etanol a partir do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

Ainda, Rosado; Coelho; Feil (2008), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, investigaram a viabilidade econômica do projeto de uma micro-destilaria de álcool, com foco específico na pequena propriedade rural, analisado tanto para operação em sistema de cooperativa quanto por associação de produtores. Ainda, simularam duas alternativas de matéria-prima para abastecer a biodestilaria, sendo uma composta de cana-de-açúcar mais sorgo sacarino e a outra de batata-doce e sorgo sacarino.

Outra pesquisa, também não menos relevante, foi desenvolvida em Salvador, pelo pesquisador Oliveira (2011), avaliando a viabilidade financeira de uma micro usina baseada na mão-de-obra familiar em pequena propriedade rural utilizando como modelo a Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil - COOPERBIO.

2.2 Problema de produção de cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul

O Brasil apresenta clima favorável ao cultivo de espécies bioenergéticas (SOARES, 2008). Segundo Fiorillo (2009), o País dispõe de uma grande reserva energética renovável, derivada da cana-de-açúcar.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011), grande parte da produção da cana-de-açúcar provém da região Sudeste do país, demonstrados na figura 2.1.

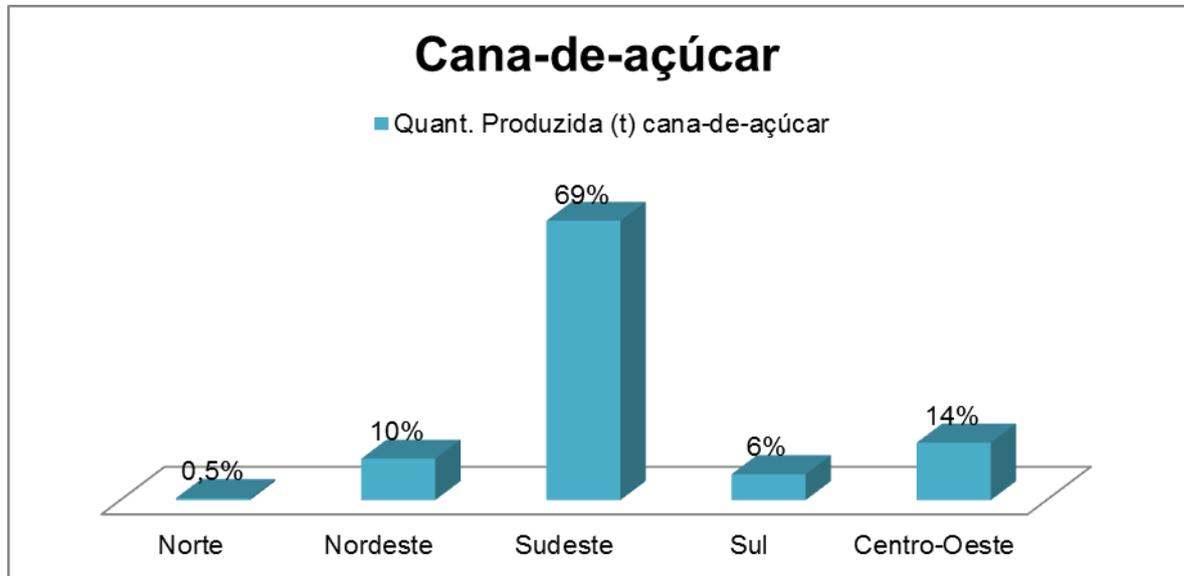


Figura 2.1 - Produtividade da cultura da cana-de-açúcar nas regiões do Brasil

Fonte: IBGE, 2011.

No entanto, “a cana-de-açúcar apresenta exigências edafoclimáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do país, em especial, o Rio Grande do Sul” (CASTRO, *et al.*, 2008, p. 11), sendo a região Sul responsável por apenas 6% da quantidade total produzida no país (Figura 2.1).

O estado do Rio Grande do Sul que conta atualmente com 497 municípios (IBGE, 2013), apresenta características subtropicais com inverno marcante. Neste tipo de clima a temperatura é moderada com chuvas bem distribuídas e verão quente. Nos meses de inverno há ocorrências de geadas (SOARES, 2008, p. 34).

Soares (2008) e Soares, Costa e Alba (2007), investigaram a área plantada e a produtividade de cana-de-açúcar no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2005. Os resultados apresentados por estes autores são apresentados na figura 2.2. A figura 2.2 apresenta o mapa da produtividade de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

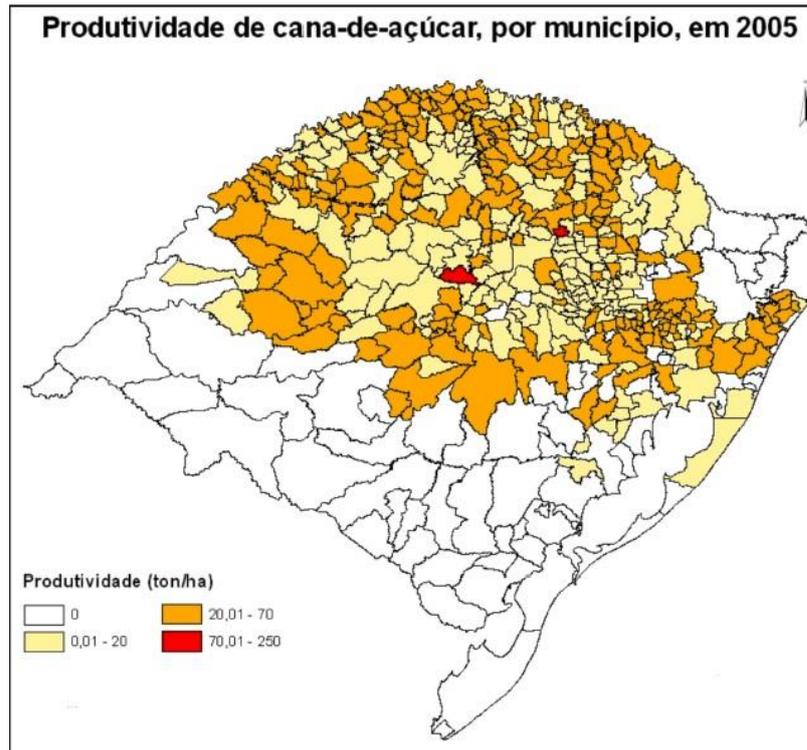


Figura 2.2 - Mapa da produtividade de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul

Fonte: Soares, Costa e Alba, 2007.

A área plantada de cana-de-açúcar concentra-se mais ao norte do estado, apresentando uma discrepância na produção entre os municípios da porção norte e sul (SOARES, 2008).

Soares (2008) e Soares, Costa e Alba (2007) verificaram que na região central do Estado, os municípios de Salto do Jacuí e Camargo apresentam rendimentos maiores que a média nacional (grifados em vermelho na figura 2.2).

Para Soares (2008) a identificação do risco de geadas pode auxiliar na definição das regiões para plantio da cultura canavieira.

No entanto, o Rio Grande do Sul além de concentrar grande número de produtores do segmento da agricultura familiar apresenta uma diversidade de condições ambientais que permitem, ao explorar matérias-primas renováveis de propósito múltiplo, promover a produção integrada de alimento e energia na pequena propriedade, descentralizando a produção de álcool e aproveitando o potencial de culturas regionais (CASTRO, *et al.*, 2008).

2.3 Matérias-primas alternativas para produção de etanol

O etanol surge como fonte alternativa de energia podendo ser produzido a partir de várias fontes de biomassa (CARVALHO; SATO, 2001). Biomassa é uma fonte de energia renovável, ou seja, qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, elétrica ou térmica (ANEEL, 2008).

O combustível de biomassa nada mais é que a conversão da energia das plantas (carboidratos), em uma forma que possa ser usada para gerar energia para a sociedade. E para obtenção dessa energia se faz uso de tecnologias de aproveitamento da biomassa.

O aproveitamento da biomassa pode ser feito através de processos biológicos (fermentação e digestão anaeróbia), processos termoquímicos (gaseificação, liquefação, pirólise e transesterificação) ou da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/ quebra, etc) (ANEEL, 2002).

A figura 2.3 apresenta as principais fontes de biomassa, os processos de conversão energética e a energia gerada.

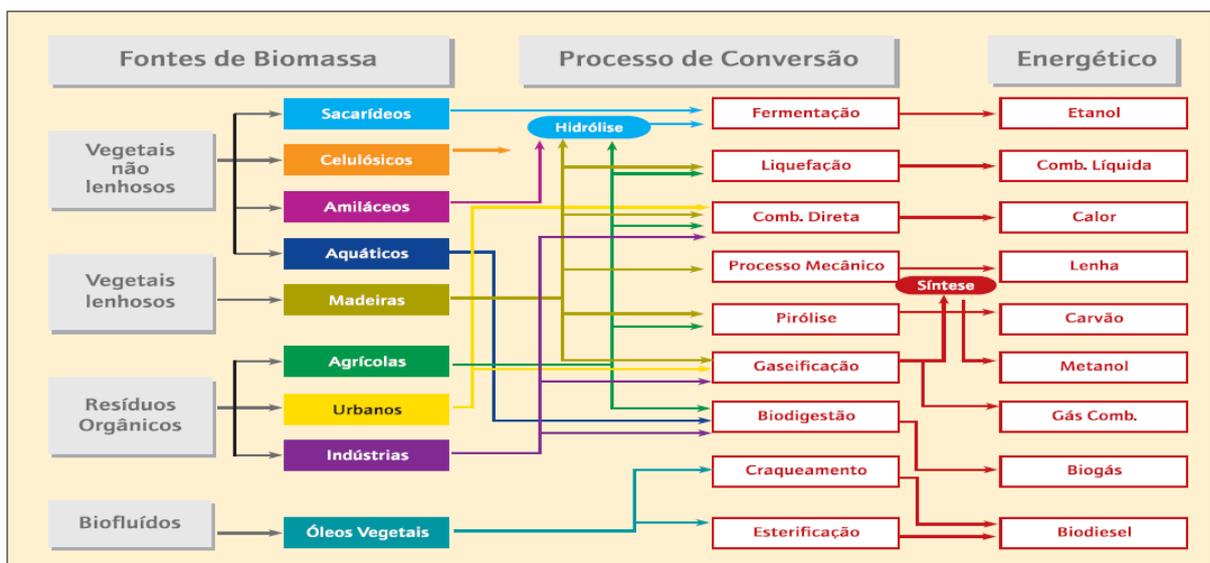


Figura 2.3 - Diagrama dos principais processos de conversão energética da biomassa.

Fonte: ANEEL, 2002.

Este trabalho limita-se a produção de etanol a partir de matérias-primas amiláceas utilizando processo de fermentação.

O processo de fermentação converte os açúcares das plantas em álcool, por meio da ação de microrganismos, usualmente leveduras (ANEEL, 2002).

De acordo com Weschenfelder (2011), do ponto de vista da fermentação as matérias-primas ricas em carboidratos, podem ser divididas em diretamente fermentáveis, que não precisam de conversão prévia do carboidrato e as indiretamente fermentáveis, que necessitam passar pelo processo de hidrólise, antes da fermentação, de modo a torná-las assimiláveis aos microrganismos.

Segundo Menezes (1980), o grupo de carboidratos diretamente fermentáveis se divide em glicose, frutose e sacarose. Já o grupo de carboidratos indiretamente fermentáveis se divide em amido e celulose.

Tanto o amido como a celulose devem ser convertidos em açúcares fermentáveis antes de serem submetidos ao processo de fermentação alcoólica. Entretanto a transformação da celulose é mais difícil e dispendiosa do que a do amido (WESCHENFELDER, 2011).

No quadro 2.1 é apresentado os tipos de carboidratos, suas principais fontes e o grupo em que são classificados de acordo com Menezes (1980).

Diretamente fermentáveis	Glicose	Polpa de frutas
	Frutose	Polpa de frutas
	Sacarose	Cana-de-açúcar, beterraba, sorgo
Indiretamente fermentáveis	Amido	Mandioca, batata-doce, milho, grãos de cereais, babaçu, batata inglesa, tubérculos
	Celulose	Madeira, bagaço de cana, palha de arroz, casca de amendoim, sabugo de milho

Quadro 2.1 - Principais fontes de carboidratos

Fonte: MENEZES, 1980.

Embora todas essas fontes de carboidratos possam sofrer fermentação, dois critérios devem ser considerados na escolha da matéria-prima para a fabricação de etanol em escala produtiva, sendo eles: elevada concentração de carboidrato e elevada produtividade (WESCHENFELDER, 2011).

A tabela 2.1 relaciona as principais plantas produtoras de carboidrato cultivadas no Brasil, sua produtividade de matéria-prima, conforme dados do IBGE, teor de carboidrato e rendimentos de etanol.

Tabela 2.1 - Produtividade nacional e rendimento anual de diversas fontes de carboidratos e álcool

Fontes de carboidratos	Produtividade de matéria-prima (t/ha/ano)	Teor de carboidrato (%)	Rendimento de álcool	
			Litros de etanol/ tonelada de matéria-prima	Litros/ hectare
Cana-de-açúcar¹	75	14	94	7046
Sorgo sacarino - colmo	80	12	81	6442
Milho¹	5	80	537	2684
Batata-doce²	12	31	208	2496
Mandioca¹	14	25	168	2349
Sorgo - grão¹	3	65	436	1308

Fonte: ¹IBGE (2014); ²IBGE (2012).

Através de cálculos estequiométricos verifica-se que é possível obter aproximadamente 745 litros de etanol a 95, 2ºGL a partir do processamento de 1000 quilogramas de amido e 671 litros de etanol 95,2º GL a partir do processamento de 1000 Kg de açúcar, sem levar em consideração as perdas de processamento.

Com relação à produtividade por tonelada de matéria-prima processada constata-se que o rendimento teórico apresenta a seguinte ordem: milho > sorgo (grão) > batata-doce > mandioca > cana-de-açúcar > sorgo sacarino (colmos). Os altos rendimentos verificados para o milho e sorgo em grão devem-se ao alto teor de amido presente nestas matérias-primas. Batata-doce e mandioca apresentam

rendimento intermediário e cana-de-açúcar e sorgo sacarino apresentam rendimento baixo devido a alta diluição do açúcar nos colmos.

Quando se analisa a produtividade de etanol possível de ser obtida por hectare constatou-se a seguinte ordem de produtividade: cana-de-açúcar > sorgo sacarino > milho > batata-doce > mandioca > sorgo em grão. As altas produções que podem ser obtidas no processamento de um hectare de matéria-prima de cana e sorgo sacarino decorrem da grande quantidade de massa possível de ser obtida em um hectare cultivada. A produção possível de etanol por hectare de milho, batata-doce e mandioca apresentam valores relativamente próximos e a produção a partir de grão de sorgo é a mais baixa. Cabe salientar que atualmente a tecnificação nas lavouras de milho é bastante alta fazendo com que seja possível obter rendimentos próximos aos obtidos para a batata-doce e mandioca. Cabe salientar que os valores médios de produção por hectare de batata-doce e mandioca foram de culturas destinadas a consumo humano e não variedades que estão sendo desenvolvidas especificamente para a produção de etanol. Estudos da EMPRAPA (2011) mostram que tecnificando a produção é possível obter rendimento de batata-doce na ordem de 40-60 toneladas com teores de amido na faixa de 25%. Tomando como base de cálculo uma produção de batata doce 40 t/ha e teor de amido de 25% a produção de etanol poderia chegar a 7500 litros por hectare, valor na mesma ordem de grandeza da cana-de-açúcar. Este resultado mostra que a batata-doce apresenta grande potencial para ser empregada como matéria-prima na produção de etanol em locais onde as condições climáticas não são favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar.

2.4 Produção de batata-doce (*Ipomoea batatas*)

A batata-doce, cujo nome científico é *Ipomoea batatas*, é uma planta herbácea, originária do continente americano, de regiões com características tropicais (SOUZA; RESENDE, 2006). Por apresentar ampla adaptação o seu cultivo tem sido constatado em locais com climas diversos, de Norte a Sul do Brasil, a exemplo da Amazônia, com clima tropical; como do Rio Grande do Sul, com clima temperado (SANTANA, *et al.*, 2013).

Como fonte alternativa de bioenergia, a batata-doce apresenta ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada à rusticidade do plantio (SANTANA *et al*, 2013).

No aspecto botânico, a *Ipomoea batatas* pertence a família das convolvuláceas, de raízes tuberosas, largamente usadas na alimentação humana (SANTOS, 2009). Essas raízes são ricas em carboidratos, além de conter grande quantidade de vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais (cálcio, fósforo e ferro). Santos (2009) destaca que as folhas da planta são bem nutritivas e podem ser preparadas para uso na alimentação animal.

2.4.1 Cultivares da batata-doce

As cultivares existentes de batata-doce se diferenciam pela cor da película externa, variando entre branca, rosada ou avermelhada, e pela cor da polpa, que pode ser branca, amarela ou creme (SOUZA; RESENDE, 2006). Ainda, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2004) aponta o formato da raiz como uma das características para diferenciação entre variedades.

De acordo com a EMBRAPA (2004), a produção das cultivares varia de região para região, pois recebem influência da aceitabilidade do mercado local. Além disso, em cada região produtora existem variedades locais, cujo material de reprodução é permutado entre produtores. E, ainda, é necessário conhecer a adaptabilidade da cultivar às condições climáticas da região, as características de desenvolvimento da planta e também sua resistência a pragas e doenças.

Apresenta-se no quadro 2.2, algumas dessas variedades com sua procedência e suas características, de acordo com as pesquisas realizadas por Augustin, Garcia e Rocha (2000). Dessas cultivares, na posição de Kroth, Daniels e Pierobom (2004), a Morada INTA, Americana e Da Costa são as principais variedades exploradas economicamente no estado do Rio Grande do Sul.

Cultivar	Procedência	Cor da película externa	Cor da polpa
Abóbora	Pelotas – RS	Arroxeadada	Amarela
Americana	Barra do Ribeiro – RS	Branca	Branca
Brazlândia Branca	CNPH, Brasília-DF	Branca	Creme claro
Cristal	Pelotas – RS	Branca	Creme
Da costa	Barra do Ribeiro – RS	Branca	Branca
Diamante	Pelotas – RS	Branca	Branca
Japonesa	São Lourenço do Sul – RS	Roxa	Creme
Morada INTA	INTA – Argentina	Arroxeadada	Amarela
Prata	Pelotas – RS	Branca	Branca
Roxa	Pelotas – RS	Roxa	Roxa

Quadro 2.2 - Cultivares de batata-doce e suas características

Fonte: Augustin; Garcia e Rocha, 2000.

A EMBRAPA (2011) destaca que novas pesquisas são desenvolvidas continuamente a fim de melhorar a produtividade dessa cultura, bem como a resistência a pragas e doenças. Em 2011, novas variedades de batata-doce foram disponibilizadas no mercado, estas apresentadas na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Variedades de batata-doce e suas características desenvolvidas pela Embrapa

Cultivar	Procedência	Cor da película externa	Cor da polpa	Produtividade (t/ ha)	Concentração Amido (g/100g)
BRS Amélia	Pelotas – RS	Rosa claro	Alaranjada	32	27,09
BRS Rubissol	Pelotas – RS	Avermelhada	Creme	40	20,62
BRS Cuia	Pelotas – RS	Creme	Creme	60	26,28

Fonte: EMBRAPA, 2011.

Os experimentos desenvolvidos com a cultivar BRS-Cuia por Castro, Treptow e Becker (2012) na base física da Embrapa Clima Temperado, no município de

Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, apresentaram uma produtividade média de 40 t/ ha, chegando a 60 t/ ha em época em que as condições climáticas foram favoráveis. Nas avaliações químicas a quantificação do amido presente foi de 26,28 g/100g. Por apresentar alta produtividade e expressiva concentração de amido a cultivar de batata-doce BRS-Cuia tem potencial para ser utilizada na produção de biocombustíveis (CASTRO; TREPTOW e BECKER, 2012).

Estudos realizados na Universidade no Estado da Carolina do Norte por Duvernay (2008) também procuram desenvolver uma batata-doce industrial com um conteúdo maior de massa seca, portanto, uma quantidade maior de amido. Essa variedade com essa quantidade maior de amido propicia uma quantidade maior de álcool em até 50% a mais do que a batata-doce comum.

2.4.2 Cultivo da batata-doce

O cultivo da batata-doce é realizado no período chuvoso e quente. Normalmente a época de plantio vai de outubro e prolonga-se até fevereiro em locais de altitude e em regiões baixas, com inverno ameno, pode ser cultivada o ano todo (SOUZA; RESENDE, 2006).

Souza e Resende (2006) recomendam que a batata-doce seja plantada em leiras com altura de 25 a 35 centímetros, com espaçamento de 1 metro entrelinhas e 40 centímetros entre plantas.

O início da colheita, em média, ocorre de 120 a 210 dias após o plantio, geralmente na estação do inverno, dependendo das condições climáticas da região. Os sinais para o ponto da colheita são o amarelecimento da parte aérea da planta e pela queda de grande parte das folhas (SOUZA; RESENDE, 2006).

2.4.3 Produtividade da batata-doce

De acordo com os dados do IBGE (2011), a área plantada de batata-doce no Brasil chega a 43.879 hectares (ha), dessa área 16.594 ha são plantadas na região Sul do país, conforme tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Produção agrícola por Regiões do Brasil em relação à cultura da batata-doce em 2011

	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor da Produção (1000 R\$)
Brasil	43879	43843	544820	12426	354375
Norte	734	732	9935	13572	10130
Nordeste	19808	19775	184633	9336	109681
Sudeste	6498	6497	107135	16489	66013
Sul	16594	16594	235853	14213	163477
Centro-Oeste	245	245	7264	29648	5072

Fonte: IBGE, 2011.

Nota-se também que embora bem disseminada em todo o país, a área plantada de batata-doce é maior nas regiões Sul e Nordeste, porém é na região Centro-Oeste que apresenta maior rendimento por hectare (Tabela 2.3).

Ainda, analisando os dados apresentados na tabela 2.3, pode-se comparar a relação da área plantada com a quantidade produzida de batata-doce, conforme a figura 2.4.

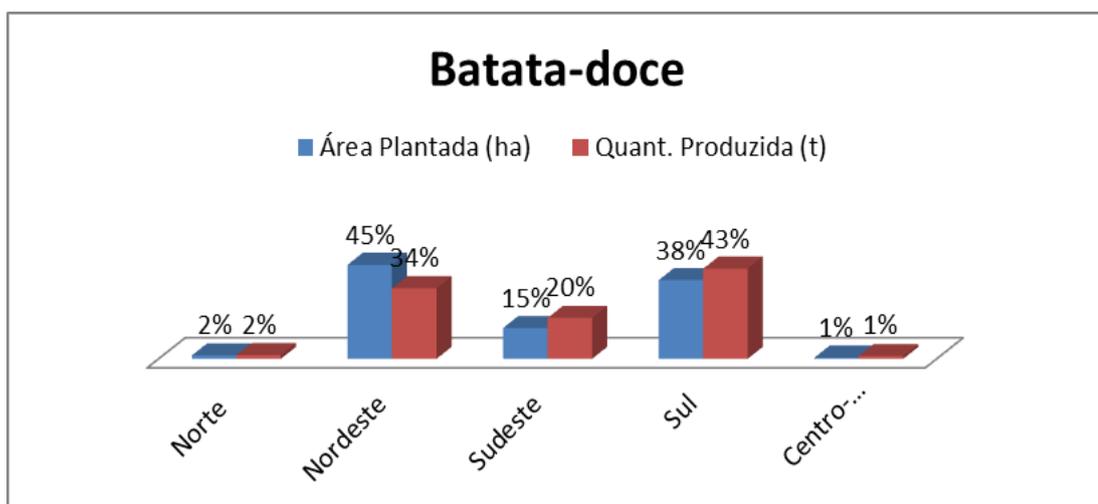


Figura 2.4 - Relação área plantada com quantidade produzida da cultura da batata-doce nas Regiões do Brasil

Fonte: IBGE, 2011.

Embora a região Sul do Brasil apresente 7% a menos da área plantada de batata-doce em relação ao Nordeste, o Sul tem a maior quantidade produzida de batata-doce, com 43%. O Nordeste é a segunda Região que mais produz batata-doce com 34%, seguido do Sudeste com 20%.

É possível comparar ainda, de acordo com os dados do IBGE (2011), a quantidade produzida entre as culturas da batata-doce e a da cana-de-açúcar entre as regiões do Brasil.

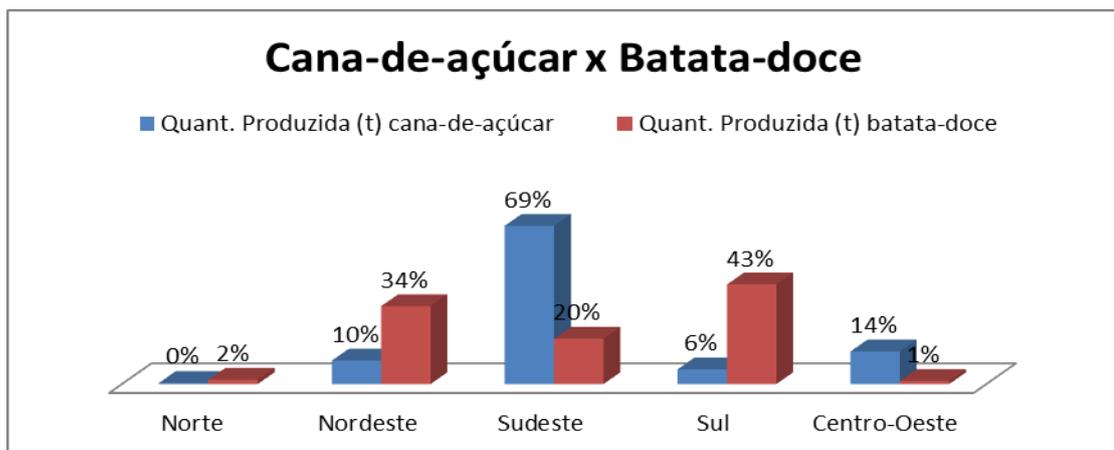


Figura 2.5 - Quantidade produzida das culturas da batata-doce e da cana-de-açúcar nas regiões do Brasil.

Fonte: IBGE, 2011.

Observando a figura 2.5, percebe-se que a região Sul é responsável por 43% da produção da batata-doce e apenas 6% da produção da cana-de-açúcar. Já a região Sudeste produz 69% da cana-de-açúcar de todo o país e somente 20% da produção de batata-doce.

Essa diferença entre as regiões Sul e Sudeste é devido ao clima não favorável a produção de cana-de-açúcar no Sul do país, onde ocorrem incidências de geadas.

2.4.4 Custos de produção da batata-doce

De acordo com Emater (2012), o custo total de produção da cultura de batata-doce para um hectare, utilizando irrigação, foi de R\$ 7.716,13, atingindo uma

produção de 16 toneladas/ ha. Assim, para cada tonelada produzida de batata-doce o custo de produção foi de R\$ 482,26.

Já para Furlaneto, Firetti e Montes (2012), no cultivo convencional da batata-doce, o custo total de produção correspondeu a R\$ 2.898,60/ ha. A produção por hectare foi de 10 toneladas de batata-doce, logo, o custo por tonelada foi de R\$ 289,86.

O rendimento da produção por tonelada de matéria-prima processada vai depender da quantidade de carboidratos disponível na matéria-prima e do rendimento do processo utilizado. Considerando uma situação ideal onde não ocorrem perdas de processo é possível obter 700 litros de etanol 95°GL por tonelada de carboidrato.

2.5 Balanço de massas

O balanço de massa é baseado no princípio da Lei da Conservação da Massa ou Lei Lavoisier, proposta por Antoine Laurent Lavoisier (BADINO, 2010).

Apregoa Gomide (1979), a massa que entra em um sistema fechado permanece constante durante os processos que nele ocorrem.

Na concepção de Peruzzo e Canto (2002), a Lei da Conservação da Massa pode ser enunciada da seguinte maneira: quando uma reação química é realizada num recipiente fechado, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes, ou seja, em um sistema químico, nunca se cria nem se elimina matéria, apenas é possível transformá-la de uma forma em outra.

Lobeiro *et al* (2010) expressa a Lei Lavoisier matematicamente (Equação 2.1), onde o somatório das massas (Σ_m) dos reagentes (R) deve ser igual ao somatório das massas dos produtos (P).

$$\Sigma_m R = \Sigma_m P \quad (2.1)$$

Desse modo, o balanço de massa torna-se imprescindível no processo de produção do etanol, pois irá contabilizar as entradas e saídas da operação. Em uma forma mais geral, a quantidade de matéria-prima, nesse caso, a batata-doce, água e

enzimas deve ter massa igual ao etanol, gás carbônico e outros produtos e resíduos formados.

2.6 Sistemas de custeio

Os sistemas de custeio referem-se às formas como os custos são registrados e transferidos internamente dentro da organização (BRUNI e FAMÁ, 2008).

Apregoa Bornia (2002), que a análise de um sistema de custeio é realizada sob dois pontos de vistas: o princípio de custeio (qual informação é importante) e o método de custeio (como os dados são processados para obtenção das informações).

2.6.1 Princípio de custeio

O custeio variável, o custeio por absorção integral e o custeio por absorção ideal são definidos como princípios. No custeio por absorção integral, os custos fixos e variáveis são alocados aos produtos. Já no custeio variável, apenas os custos variáveis são relacionados aos produtos, sendo os custos fixos considerados como custos do período. E por fim, o custeio por absorção ideal todos os custos são computados como custos dos produtos, porém, os custos relacionados com desperdícios não são alocados aos produtos (BORNIA, 2002).

Bornia (2002) destaca que qualquer um dos métodos de custeio pode ser aplicado com qualquer um dos princípios.

2.6.2 Métodos de custeio

O método do custo-padrão, o método dos centros de custos, o custeio baseado em atividades e o método da unidade de esforço de produção são apresentados como métodos de custeio (BORNIA, 2002).

Na concepção de Perez; Oliveira e Costa (2011), a finalidade básica do custo-padrão é proporcionar um instrumento de controle aos gestores da organização. Já

Martins (2010), expressa que o custo-padrão é uma técnica auxiliar com objetivo de fixar uma base de comparação entre o que ocorreu de custo e o que deveria ter ocorrido.

O método do custo-padrão, para Bornia (2002), consiste em: fixar um custo-padrão (servindo de referência para análise dos custos); determinar o custo realmente incorrido; levantar a variação ocorrida entre o padrão e o real; e, analisar a variação, a fim de auxiliar na procura das causas que levaram as variações.

O método da Unidade de Esforço de Produção – UEP trabalha apenas com os custos de transformação. Esse método baseia-se na unificação da produção para simplificar o processo de controle de gestão. Apregoa Bornia (2002) que a mensuração do desempenho da empresa é feita por meio de custos e medidas físicas de eficiência, eficácia e produtividade.

O método dos centros de custos, também conhecido como método RKW (do alemão *Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit*), também considera apenas os custos de transformação e divide a organização em centros de custos. Os custos são alocados aos centros, por meio de bases de distribuição e, depois, repassados aos produtos por unidades de trabalho.

O método RKW consiste no rateio não só dos custos de produção como também de todas as despesas da empresa, inclusive financeiras, a todos os produtos (MARTINS, 2010).

Ainda, o método RKW apresenta algumas dificuldades práticas e limitações conceituais, como: encontrar as despesas operacionais por unidades, e encontrar o custo unitário do produto, no dia-a-dia, já que ele contém uma parcela do custo fixo total; as oscilações no volume de produção e seus efeitos no custo fixo unitário não são considerados; e os vários rateios necessários para alocar os custos fixos aos departamentos e destes aos produtos trazem consigo muitas distorções (PEREZ; OLIVEIRA e COSTA, 2011, p. 279).

Enquanto o método tradicional de custeio, o RKW, divide a empresa em centros de custos, o método de Custeio Baseado em Atividades (ABC) detalha o mapeamento das atividades em cada um desses centros.

Na posição de Perez; Oliveira e Costa (2011), o custeio baseado em atividades é uma técnica de controle e alocação de custos que permite: identificar os processos e as atividades existentes nos setores produtivos, auxiliares ou administrativos; identificar, analisar e controlar os custos envolvidos nesses

processos e atividades; e atribuir os custos aos produtos, tendo como parâmetros a utilização dos direcionadores de custos.

Expressa Martins (2010), que o uso do ABC é importante para identificar o custo das atividades e dos processos e de permitir uma visão muito mais adequada para a análise da relação custo/benefício de cada uma dessas atividades e desses processos.

Bornia (2002) apresenta o método ABC (do inglês *Activity Based Costing*) dividido em etapas, e consiste em: mapeamento das atividades; alocação dos custos às atividades; redistribuição dos custos das atividades indiretas até as diretas; e cálculo dos custos dos produtos. Nas seções seguintes apresenta-se cada uma dessas etapas.

2.6.2.1 Mapeamento das atividades

A identificação das atividades é mais complexo do que a definição dos centros de custos que, normalmente, equivale a um departamento da empresa. Para o mapeamento é necessário entrevistar os colaboradores envolvidos com os processos internos da empresa, criando um dicionário de atividades. Em seguida, as atividades devem ser encadeadas para formar os processos (BORNIA, 2002).

2.6.2.2 Alocação dos custos às atividades

A alocação dos custos deve representar o consumo dos insumos pelas atividades da melhor maneira possível (BORNIA, 2002). Cita Diehl (2002), que neste sentido é necessário o levantamento dos gastos da atividade para que possa efetuar as suas funções (mão-de-obra, material de escritório, energia elétrica, etc).

2.6.2.3 Redistribuição secundária

Uma das diferenças entre o ABC e o RKW é que o ABC procura alocar os custos das atividades aos produtos sem a redistribuição secundária. Algumas

atividades como o Planejamento e Controle de Produção - PCP e a administração de materiais, têm seus custos alocados diretamente aos produtos no ABC, ao contrário do que ocorre normalmente com o RKW (BORNIA, 2002).

2.6.2.4 Cálculo dos custos dos produtos

Para a distribuição dos custos das atividades aos produtos, o ABC utiliza o conceito de direcionadores de custos, que podem ser definidos como aquelas transações que determinam os custos das atividades, ou seja, são as causas principais dos custos das atividades. Com a utilização dos direcionadores de custos, o ABC objetiva encontrar os fatores que causam os custos, isto é, determinar a origem dos custos de cada atividade para, dessa maneira, distribuí-los corretamente aos produtos, considerando o consumo das atividades por eles. De uma forma mais geral, os custos são alocados em objetos de custos, que podem ser produtos, clientes e canais de distribuição, entre outros (BORNIA, 2002).

A atividade sendo mais detalhada do que o centro de custos, é mais homogênea. Assim, os custos unitários são mais representativos na atividade (BORNIA, 2002).

Brimson (1996) infere que a contabilidade por atividades é implantada para apoiar decisões, como: custo do produto; gerenciamento de caixa e liquidez; e controle de custos.

No caso deste estudo a aplicação do método ABC foi utilizada para determinação do custo de produção de etanol a partir da batata-doce.

3 METODOLOGIA

O estudo se refere à prática da obtenção de etanol a partir da batata-doce com o levantamento dos custos relativos à produção do etanol mediante utilização do método de custeio baseado em atividades (ABC) e à análise de viabilidade econômica da produção e, também a comparação de outras cultivares. O trabalho adota a metodologia utilizada por Fabrício (2011) e Weschenfelder (2011).

3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como pesquisa de campo. Na concepção Marconi e Lakatos (2006, p. 83) a pesquisa de campo “consiste na observação dos fatos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados e no registro de variáveis que se presumem relevantes, para posteriores análises”.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é de caráter exploratório. Na posição de Gil (2002) neste tipo de pesquisa a coleta de dados pode acontecer utilizando levantamento bibliográfico, entrevistas e análises de exemplos. Complementa Raupp e Beuren (2006), que 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.

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 batata-doce. Apregoa Lovato (2013, p. 38) “abordagem quantitativa é aquela em que as conclusões são fruto de dados numéricos e análise estatística”.

As técnicas a serem 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.

Para atingir os objetivos propostos o método está descrito em três fases.

3.2 Fases da pesquisa

As fases da pesquisa estão apresentadas na estrutura analítica do projeto (EAP), figura 3.1.

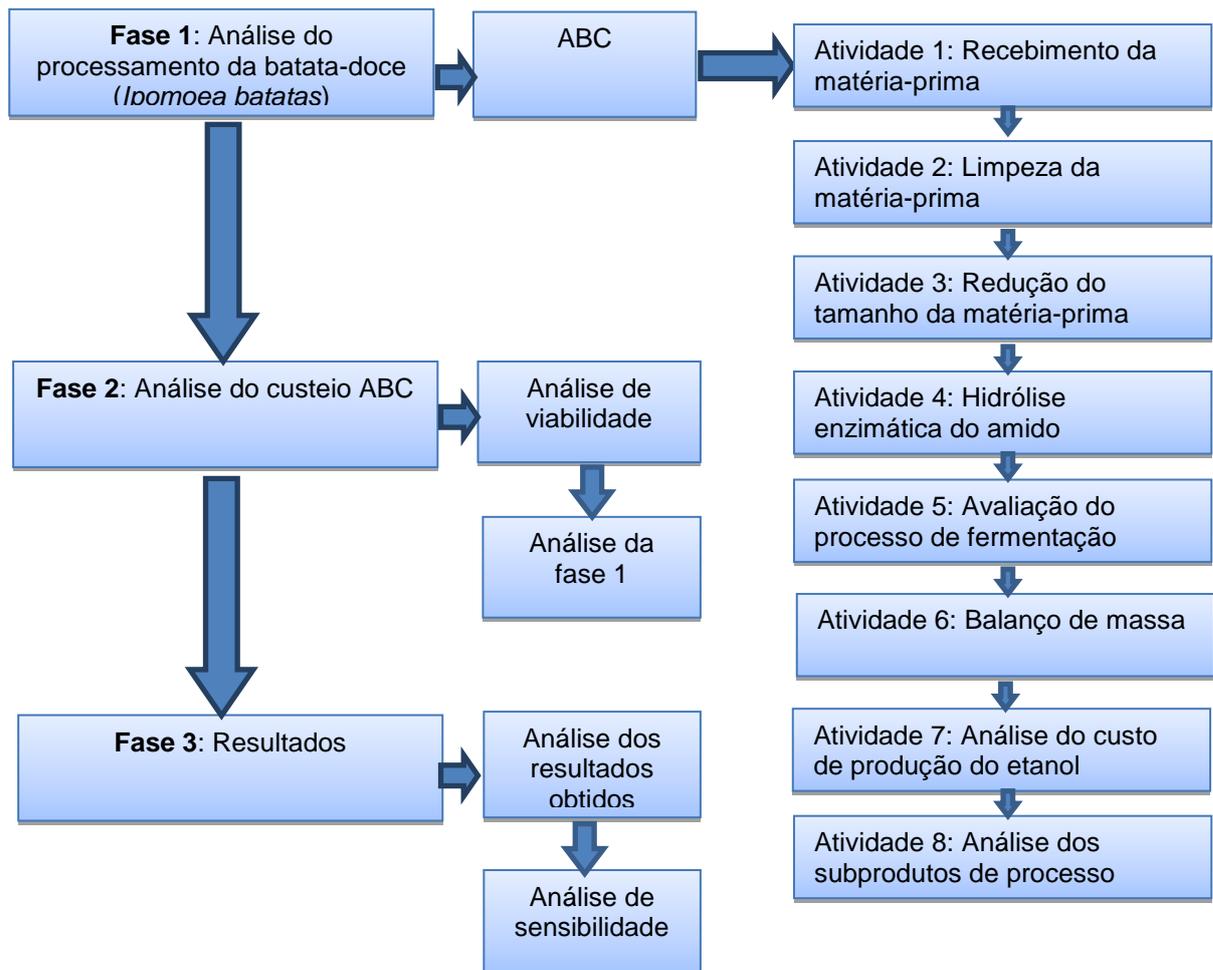


Figura 3.1 - Fases de elaboração da pesquisa

3.2.1 Fase 1: Análise do processamento da batata-doce

A primeira fase da pesquisa ocorreu na usina piloto de etanol da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na cidade do mesmo nome, no estado do Rio Grande do Sul.

A matéria-prima, batata-doce da variedade rosa-maça¹, utilizada no processo provém de uma pequena propriedade rural localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul. A quantidade de matéria-prima utilizada foi de 1000 kg. Realizou-se análise físico-química da matéria-prima indicando quanto aos seus teores de umidade, fibra, amido e proteína.

O processo para obtenção de etanol foi dividido por atividades, sendo elas: recebimento da matéria-prima, lavagem da matéria-prima, moagem, diluição, sacarificação, preparo do mosto para fermentação, fermentação e destilação.

Atividade 1 – Recebimento da matéria prima: caracterização da matéria-prima com relação a teor de massa seca, teores de açúcares redutores, glicose, amido total.

Atividade 2 – Limpeza da matéria prima: foi realizada em tambor rotativo com capacidade de 2000 litros provido de sistema de lavagem por aspensão de água. A rotação utilizada no processo foram de seis rotações por minuto.

Atividade 3 - Redução de tamanho da matéria prima: empregando moedor de facas. Esta etapa foi realizada com a finalidade de aumentar a área de contato da matéria-prima amilácea com as enzimas de forma a facilitar o processo de sacarificação do amido. O material moído foi transportado para o tanque de cozimento com auxílio de bomba centrífuga dimensionada para este fim. Nessa etapa foi avaliado o consumo de água e energia. A granulometria do produto moído foi determinado com auxílio de peneiras vibratórias.

Atividade 4 - Hidrólise enzimática do amido: 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 foram submetidos a fermentação alcoólica. A necessidade de sacarificar as amiláceas decorre do fato de que os agentes de fermentação não possuem enzimas amilolíticas. A sacarificação é o processo de transformação do amido ou fécula infermentescível em açúcares fermentescíveis. Realiza-se por via química ou biológica. A sacarificação biológica se faz por ação enzimática do malte ou pela ação de enzimas presentes em certos fungos.

O cozimento e tratamento enzimático da matéria prima foi realizado em tanque com capacidade de 2000 litros, provido de sistema de injeção direta de vapor

¹ Informação do produtor

e serpentina para refrigeração. Inicialmente foi formada uma massa contendo 15% de fécula em peso. Essa massa teve seu pH analisado e não foi necessário ajuste, após foi aquecida a temperatura indicada para a enzima utilizada. Posteriormente foi realizada a adição da enzima na concentração a ser testada. Para avaliar a eficiência do processo de cozimento e tratamento enzimático foram coletadas amostras em intervalos de seis horas, com o objetivo de acompanhar a evolução do processo de hidrólise. A quantidade de enzima adicionada foi determinada em ensaio com reator de bancada com capacidade de 5 litros.

Para acompanhamento das transformações que ocorrem no sistema foram realizadas as seguintes análises: teor de amido residual, teores de açúcares totais e fermentescíveis. A determinação do teor de açúcar redutor total (ART) e residual, para o cálculo da quantidade de amido consumido foi realizada utilizando a técnica do ácido dinitrossalicílico (DNS). A determinação do teor alcoólico do fermentado foi realizada empregando Densímetro Digital modelo DMA 4500 da Anton Paar. As informações levantadas foram empregadas para realização de balanços de massa e energia do processo.

Atividade 5 - Avaliação do processo de fermentação: a primeira etapa do processo foi a seleção da levedura do tipo *Saccharomyces cerevisiae*.

As fermentações foram realizadas em reatores do tipo batelada com capacidade útil para 2000 litros, dotados de sistema de controle de temperatura. Cada ensaio foi montado em três fermentadores contendo 1000 litros de mosto com grau brix na faixa de 14-16. A temperatura de fermentação foi mantida na ordem de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para acompanhamento do andamento da fermentação foram coletadas alíquotas da amostra em tempos pré-determinados com a finalidade de determinar a cinética fermentativa e determinação dos principais componentes presentes no vinho. O final da fermentação foi determinado quando a leitura de duas medidas consecutivas de teor de etanol foram iguais.

As seguintes determinações foram realizadas no acompanhamento das fermentações: grau Brix, açúcares redutores totais, teor alcoólico. O grau brix foi determinado empregando Refratômetro digital, a determinação do teor de açúcar redutor total (ART) foi realizada utilizando a técnica do ácido dinitrossalicílico

(DNS). A determinação do teor alcoólico do fermentado foi realizada empregando Densímetro Digital modelo DMA 4500 da Anton Paar.

Atividade 6 – Balanço de massa: Para cada uma das matérias-primas ensaiadas foi realizado balanço de massa detalhado por etapa de processo. Para realizar esta análise foram utilizadas as informações obtidas da análise de cada uma das etapas do processo descritas anteriormente. As informações de balanço de massa são fundamentais para determinação do custo de produção do etanol.

Atividade 7 – Análise do custo de produção do etanol: esta etapa da análise consiste da determinação do custo de produção do etanol obtido a partir da matéria-prima amilácea batata-doce. No custo final do produto foram levados em consideração os custos de processamento e o custo de matéria-prima. Nos custos de processamento foram levados em consideração os dispêndios com mão-de-obra, energia elétrica, insumos indiretos, lenha, água e depreciação.

Atividade 8 – Análise de subprodutos de processo: no processo de produção de etanol a partir de amiláceas são geradas grandes quantidades de subprodutos de reação empobrecidos em amido e normalmente ricos em fibras e proteínas. Os subprodutos gerados foram encaminhados para análise bromatológica para determinar qual a melhor alternativa de utilização.

3.2.2 Fase 2: Análise do custeio ABC

A segunda fase da pesquisa consistiu em identificar as atividades detalhadas e respectivas funções do processamento da batata-doce, verificando os gastos em cada uma dessas atividades descritas na primeira fase da pesquisa.

Após 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 ABC foi obter o custeio do produto, conforme descrito seção 2.6.2, no segundo capítulo deste estudo.

Foi utilizado o *Software Excel*, para melhor análise dos dados coletados.

Para obtenção de um resultado mais próximo da realidade da produção de etanol em pequenas unidades de produção, considerou-se a capacidade máxima de produção da usina de etanol, onde foram levantados os dados.

3.2.3 Fase 3: Resultados

Nesta fase foram analisados e discutidos os dados obtidos nas fases 1 e 2.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Etapas do processamento da batata-doce

O conjunto de processos envolvidos na obtenção de etanol da batata-doce estão mostrados na figura 4.1.

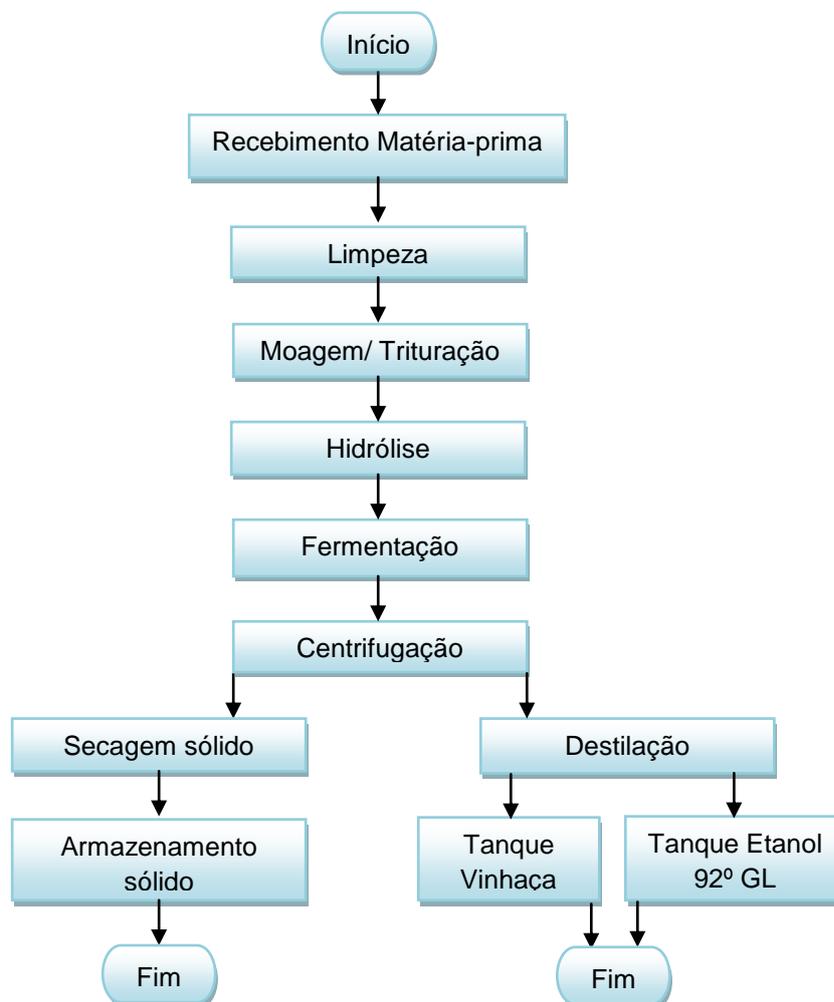


Figura 4.1 – Fluxograma do processamento da batata-doce

A primeira atividade do processo foi o recebimento da matéria-prima. Nesta etapa a batata-doce foi recebida na usina piloto de etanol, figura 4.2, foi pesada uma tonelada de matéria-prima.



Figura 4.2 – Vista externa da usina piloto de etanol

A análise físico-química da batata-doce realizado pelo laboratório do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos da UFSM (Anexo A) apresentou a seguinte composição para o produto integral: 61,73% de umidade; 31,31% de amido; 1,06% de fibra; 0,96% de proteína; e Outros 4,94%.

Já o resultado da massa seca total apresentou a seguinte composição: 81,81% de amido; 2,76% de fibra; 2,51 de proteína; e Outros 12,92% (Anexo A).

A próxima atividade foi a limpeza dessa matéria-prima, onde a mesma foi submetida ao processo de lavagem em um tambor rotativo (Figura 4.3). Nesta atividade foram empregados 410 Kg de água para remoção das sujidades presentes na matéria-prima.

No processo de limpeza foram removidas cerca de 4,8 Kg de sujidades entre terra e parte da casca que recobrem o tubérculo. Essa quantidade de sujidade foi obtida através da pesagem da matéria seca recolhida no decantador da unidade de lavagem.



Figura 4.3 – Vista da alimentação da lavadora com tambor rotativo

Após, a matéria-prima lavada seguiu por esteira até o triturador, que se localiza na entrada do tanque de hidrólise, figura 4.4.



Figura 4.4 – Vista frontal da esteira transportadora que leva a matéria-prima do tambor de lavagem para o triturador

O triturador empregado (Figura 4.5) é do tipo facas que são impulsionadas por motor elétrico com capacidade de 5 HP. Na parte inferior do triturador é acoplada uma peneira para controlar a granulometria do material. Neste ensaio o diâmetro da peneira foi de 4 milímetros.



Figura 4.5 – Vista externa do triturador de facas rotativas

Na sequência, a matéria-prima moída entrou diretamente no tanque onde aconteceu o processo da hidrólise, figura 4.6.



Figura 4.6 – Vista externa do tanque de hidrólise

No processo de moagem foram adicionados ao meio 1120 Kg de água de diluição. É preciso considerar, por estimativa, que a essa quantidade de água foram adicionados mais 125 Kg de vapor direto necessários a elevação e manutenção de temperaturas necessárias ao conjunto de reações que ocorrem durante o processo de hidrólise do amido (Figura 4.7).



Figura 4.7 – Vista interna do tanque de hidrólise

No processo de hidrólise ocorre a transformação do amido em sacarose, através do tratamento enzimático. Com base em resultados de atividade enzimática obtidas em ensaios laboratoriais e também de Fabrício (2011), para o tratamento supracitado utilizou-se 160 mililitros da enzima alfa-amilase, marca Novozymes (ficha técnica Anexo C) e 340 mililitros da enzima glucoamilase, marca Novozymes (ficha técnica Anexo D), figura 4.8.



Figura 4.8 – Enzimas alfa-amilase e glucoamilase

Segundo o fabricante das enzimas, Novozymes, o pH ideal para o processo de sacarificação deve ficar na faixa de 4 a 5. No processo, o meio apresentou um pH de 4,55, o que dispensou qualquer ajuste neste parâmetro.

Para melhor entendimento do processo da hidrólise, a figura 4.9 ilustra o processo de aquecimentos e resfriamentos do meio, bem como o tempo que se levou para atingir as temperaturas, duração de cada fase e o momento de adição das enzimas, aqui representada pelas duas marcações circulares grifadas em verde.

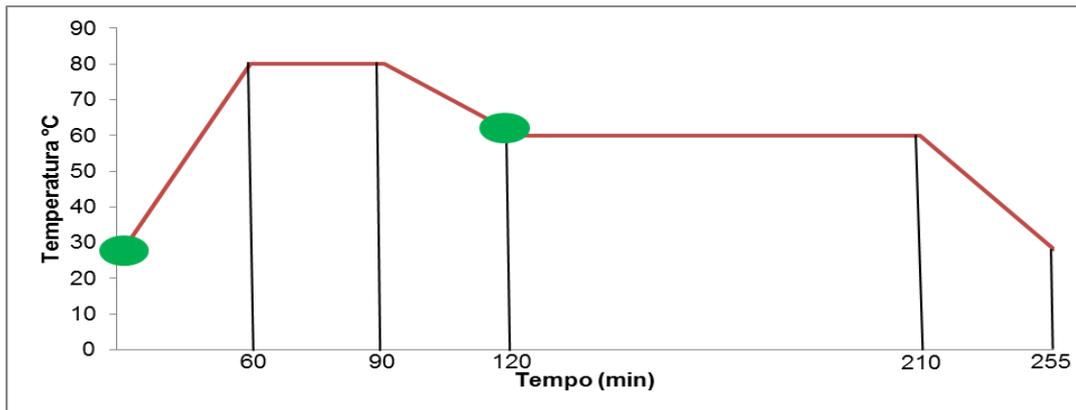


Figura 4.9 – Diagrama das etapas do processo da hidrólise

Acompanhando e analisando a figura 4.9, a mistura no tanque, no início do tratamento enzimático, estava à temperatura ambiente de 25°C, neste momento adicionou-se 160 mililitros da enzima alfa-amilase (marca Novozymes), e em seguida a temperatura foi elevada para 80°C por injeção direta de vapor. Esta elevação de temperatura foi realizada em 60 minutos, até que atingisse a temperatura desejada. Nesta temperatura foi mantida por um período de 30 minutos para garantir que todo amido fosse transformado pela enzima.

Na sequência, procedeu-se o resfriamento da mistura para 60°C e adicionou-se 340 mililitros de glucoamilase (marca Novozymes). A mistura foi mantida nesta temperatura por um período de 90 minutos para obtenção do maior rendimento possível de açúcares fermentescíveis. Após essa etapa o mosto foi resfriado para 30°C e encaminhado para as dornas de fermentação.

O processo de transformação do açúcar em etanol foi conduzido por um período de 24 horas em dornas de fermentação (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Dornas de fermentação

Para acompanhar o processo de evolução do teor alcoólico do mosto de fermentação foram coletadas amostras em períodos de seis horas. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 4.1 e representados graficamente na figura 4.11. A determinação do teor alcoólico do fermentado foi realizada empregando Densímetro Digital modelo DMA 4500 da Anton Paar.

Tabela 4.1 – Amostras de % álcool v/v durante processo de fermentação

Horas de Fermentação	% Álcool v/v
0	0
6	3,5
12	6,2
18	7,5
24	8,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

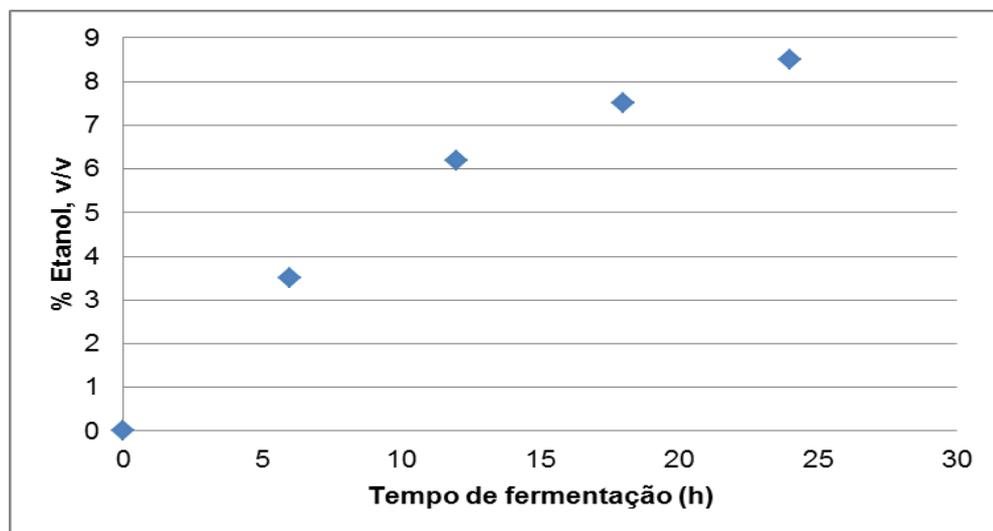


Figura 4.11 - Análise de percentual de álcool v/v durante processo de fermentação

Antes de ser submetido ao processo de destilação no sistema de batelada o produto de fermentação foi centrifugado, para remover os sólidos ainda presentes no

meio. Nesta operação foram removidos 158,6 Kg de sólidos que continham 91,98% de umidade (Anexo B). Nos custos de processamento não foram incluídos os custos de tratamento do resíduo sólido gerado.

Para processar todo o mosto gerado no processo foi necessária a realização de quatro bateladas de destilação (Figura 4.12). Ao final do processo foram gerados 190 litros de etanol com graduação de 92°GL, que corresponde a uma massa de 155,1 Kg de etanol. Dessa massa 139,9 Kg corresponde a etanol anidro e 15,2 Kg de água.



Figura 4.12 - Microdestilaria no sistema de batelada. A esquerda, do lado externo do prédio, a torre de destilação. A direita, na parte interna, os recipientes do álcool destilado

Após o processamento da batata-doce e coleta dos dados, apresenta-se na seção 4.2 o balanço de massa do processamento de 1000 Kg de batata-doce.

4.2 Balanço de massa

Após a realização do processamento da batata-doce e coleta de dados apresenta-se, na figura 4.13, o balanço de massa referente ao processamento de 1000 Kg de batata-doce.

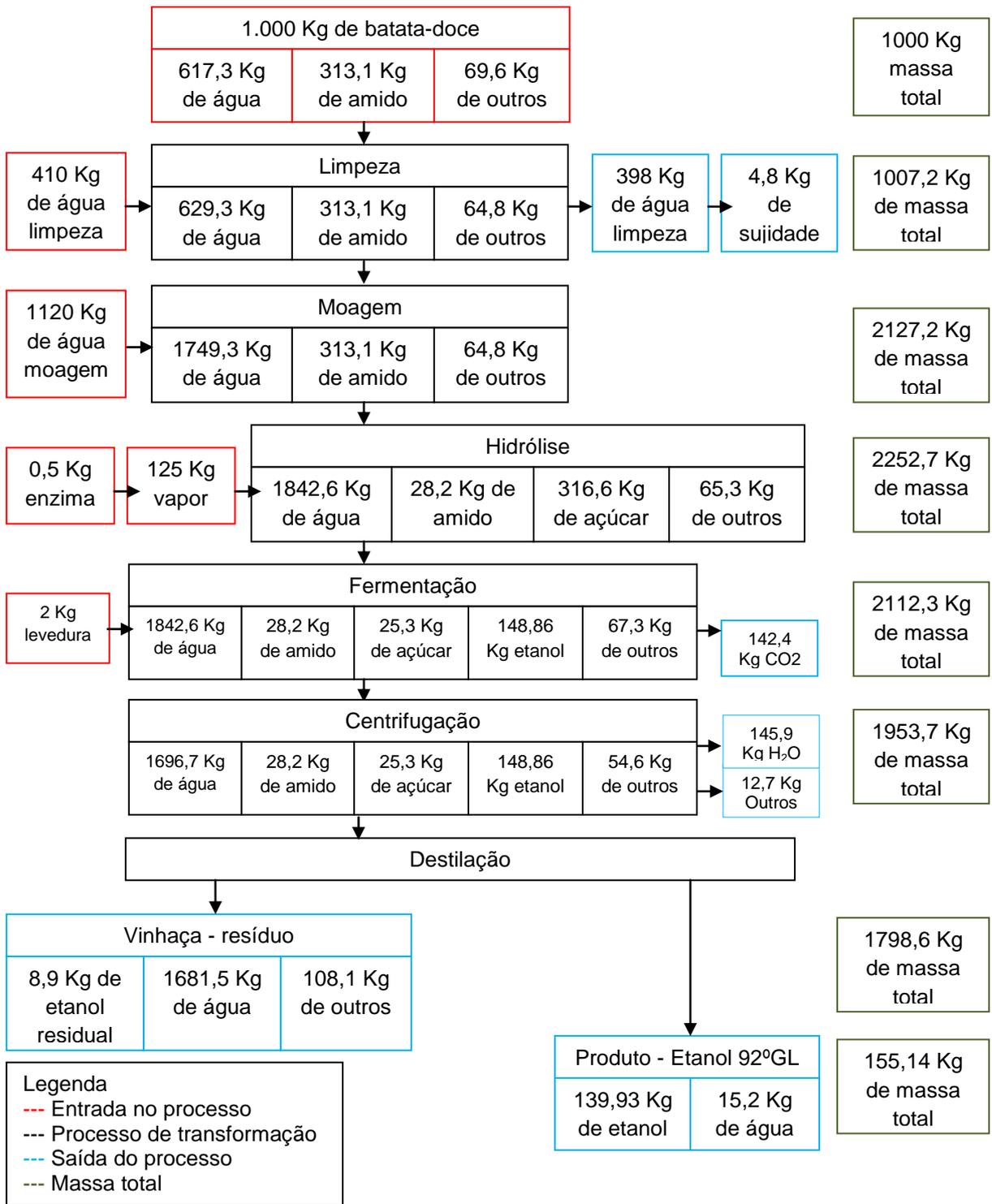


Figura 4.13 – Balanço de massa

Da análise do balanço de massa pode-se constatar que do processamento de 1000 Kg de batata doce foi possível obter 155,1 Kg de etanol com concentração de 92 °GL, dos quais 139,9 são de etanol anidro e 15,2 Kg são de água, que

corresponde 190 litros de etanol 92 °GL. Caso o processamento da batata-doce não apresentasse perdas seria possível obter, estequiometricamente, 161,8 Kg de etanol anidro. Com base nestes dados foi determinado o rendimento global do processo (Equação 4.1) que ficou em 86,5%. Isso significa que de cada 100 Kg de amido processado 86,5 Kg foram transformados em etanol.

$$\text{Rendimento global (\%)} = \frac{\text{Rendimento experimental}}{\text{Rendimento teórico}} \cdot 100 \quad (4.1)$$

4.3 Determinação dos custos por etapa de processamento

Nesta seção apresenta-se a segunda fase da pesquisa, que se refere à análise do custeio ABC (Figura 3.1). A primeira etapa dessa fase requer o mapeamento das atividades, que estão apresentadas no quadro 4.1.

Atividades
Recepção e pesagem
Limpeza
Moagem
Hidrólise
Fermentação
Destilação
Geração de vapor

Quadro 4.1 – Mapeamento das Atividades

A segunda etapa requer o levantamento dos gastos de cada atividade (Quadro 4.1). No quadro 4.2 apresentam-se as atividades com seus respectivos elementos de despesa.

Atividades	Elementos de despesa					
	Mão-de-obra	Energia elétrica	Insumos	Lenha	Água	Depreciação
Recepção e Pesagem	X					X
Limpeza	X	X			X	X
Moagem	X	X			X	X
Hidrólise	X	X	X			X
Fermentação	X		X			X
Destilação	X	X				X
Geração de vapor	X	X		X	X	X

Quadro 4.2 – Identificação dos elementos de despesa para cada atividade

Para cada elemento de despesa foi especificado a unidade de medida padrão, conforme apresentado no quadro 4.3.

Elemento de despesa	Unidade de medida
Mão-de-obra	Direta; minutos
Energia elétrica	kW - h
Insumos	Mililitros, quilogramas
Lenha	Metro cúbico
Água	Metro cúbico

Quadro 4.3 – Unidade de medida dos elementos de despesa

Definidas as atividades e seus respectivos elementos de despesa, segue-se para a próxima etapa de determinar os custos de cada atividade. Para o cálculo foi considerada a capacidade de processamento da usina piloto de etanol da UFSM. Na tabela 4.2 são apresentadas as atividades, a capacidade dos equipamentos, número de equipamentos e capacidade total.

Tabela 4.2 – Capacidade total dos equipamentos da usina piloto de etanol da UFSM

Atividade	Equipamento	Capacidade equipamento	Nº de equipamento	Capacidade Total
Limpeza	Lavadora com tambor rotativo	Contínua	1	Contínua
Moagem	Triturador	Contínua	1	Contínua
Hidrólise	Tanque de hidrólise	2000 Kg	1	2000 Kg
Fermentação	Dornas de fermentação	2000 Kg	3	6000 Kg
Destilação	Microdestilaria por batelada	650 litros	1	650 litros

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Nota-se, na tabela 4.2, que o tanque de hidrólise com capacidade para 2.000 Kg restringe o processo a uma tonelada de matéria-prima por batelada, visto que para cada quilograma de matéria-prima é adicionado um quilograma de água de diluição.

Do balanço de massa verifica-se que o vinho de fermentação esta na ordem de 1953,7 Kg (Figura 4.13), considerando que a coluna de destilação possui capacidade de 650 litros por batelada (Tabela 4.2), porém dessa capacidade é possível utilizar apenas 77%, torna-se necessária a realização de 4 bateladas de 2,88 h cada (Tabela 4.3) de destilação para processar o volume total de vinho formado. Assim, a destilação é o gargalo no sistema.

Além da capacidade de cada equipamento disponível na usina é necessário o tempo por atividade para dimensionar o número possível de repetições de bateladas de mil quilogramas em vinte quatro horas de operação. Na tabela 4.3 são apresentados os tempos de operação necessários em cada etapa do processo para o processamento de 1000 Kg de batata-doce. Nota-se que são necessárias quatro bateladas de destilação.

Tabela 4.3 – Tempo por atividade para processamento de 1000 Kg de batata-doce

Atividade	Tempo (h)	Total Tempo (h)	
Limpeza	1,45	7,15	
Moagem	1,45		
Hidrólise	4,25		
Fermentação	24	24	
Destilação	1ª batelada	2,88	11,5
	2ª batelada	2,88	
	3ª batelada	2,88	
	4ª batelada	2,88	

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A fermentação é a atividade que tem maior duração de processamento com vinte quatro horas, seguida da destilação com onze horas e trinta minutos, em terceiro a hidrólise, e em quarto a limpeza e a moagem.

Porém, os tempos de processamento das atividades de hidrólise e fermentação permanecerão os mesmos independentes da quantidade de matéria-prima a ser processada, pois a dependência direta é com o tempo de ação das enzimas e leveduras.

Por outro lado, os processos de limpeza, moagem e hidrólise, devido a configuração dos equipamentos podem ser juntados e somados perfazendo 7,15 h. Logo, dividindo o tempo disponível de vinte quatro horas pelos tempos de operações (7,15 h, 24 h e 11,5 h) e multiplicando pelo número de equipamentos disponíveis, é possível realizar três operações nas atividades de limpeza + moagem + hidrólise, três operações de fermentação e apenas duas operações, de quatro bateladas cada, na destilação (Figura 4.14).



Figura 4.14 - Sequência de processos considerados para balanceamento de capacidades

Para destilar o vinho produzido no processamento de 1000 Kg de batata-doce são necessárias 4 bateladas de 2,88 horas, perfazendo um total de 11,5 h (4 bateladas de 2,88 h). Assim, a quantidade máxima de bateladas de destilação possíveis de serem realizadas em um dia de operação (24 horas) é de 8 (oito), permitindo o processamento de no máximo 2000 Kg de batata doce por dia. Assim, a operação de destilação é o gargalo do processo.

Após essa análise apresenta-se na figura 4.15 a sequência temporal das operações na usina piloto em um intervalo de 24 h de operação.

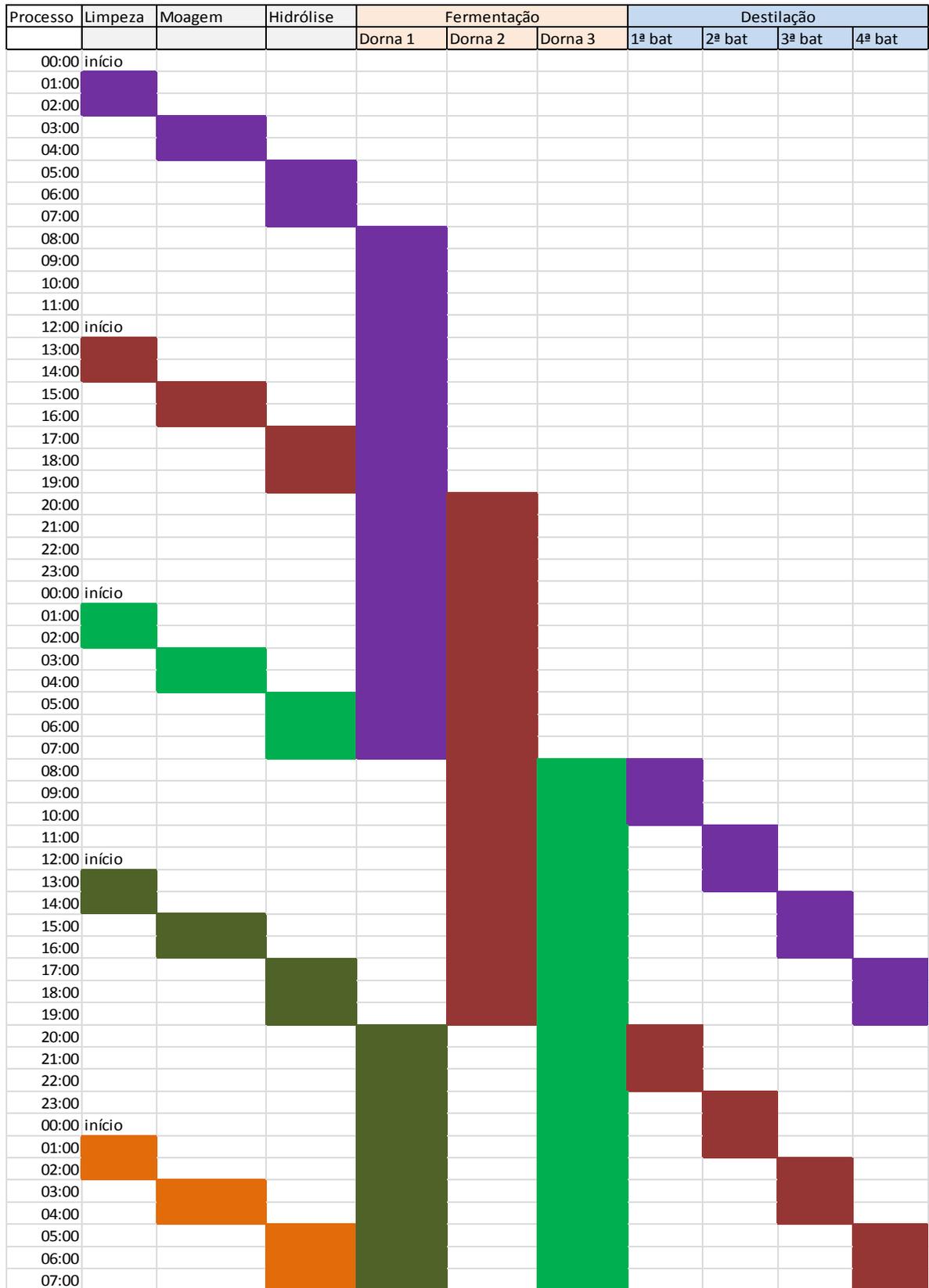


Figura 4.15 - Sequência temporal das atividades nos três primeiros dias de operação

Analisando a figura 4.15, verifica-se que ao término do processo da hidrólise é necessário um intervalo de cinco horas, antes de iniciar um novo processo de limpeza + moagem + hidrólise. Esse intervalo é necessário para evitar fila de espera na destilação, gargalo do processo. Isto é, sob o ponto de vista da teoria das restrições, Goldratt (2002), a destilação atua como tambor na sequência de produção.

A figura 4.15, sendo um diagrama de sequência temporal, auxilia no dimensionamento da mão-de-obra.

Há operações que exigem a participação integral de um operador e outras em que exige um monitoramento esporádico, como é o caso da fermentação.

Assim, para os cálculos apresentados a seguir foram consideradas a capacidade de processar 2000 Kg de batata-doce em 24h de operação da usina piloto de etanol da UFSM.

Para o cálculo da mão-de-obra utilizou-se o salário mínimo regional do estado do Rio Grande do Sul (R\$ 868,00) mais décimo terceiro, férias, Fundo de Garantia do Tempo de Serviço - FGTS e Instituto Nacional do Seguro Social - INSS.

O valor da energia elétrica (kW/h) foi obtido junto a AES Sul para rede trifásica, categoria industrial. Já para o valor do metro cúbico da água considerou-se água de poço artesiano, pois o estudo visa a viabilidade em as pequenas unidades de produção de etanol em meio rural (Apêndice A).

Os valores dos insumos alfa-amilase, glucoamilase e fermento biológico foram fornecidos pela empresa Limana Polisserviços.

O valor do metro cúbico de lenha foi obtido a partir do preço praticado na região central do estado do RS².

Na tabela 4.4 apresenta-se o custo da primeira atividade do processo da produção de etanol a partir de batata-doce, a recepção e pesagem.

² Preço fornecido pela Olaria Patronato de Santa Maria - RS no dia 03 de abril de 2014.

Tabela 4.4 – Detalhamento dos custos no processo de recepção e pesagem

Recepção e Pesagem				
Mão-de-Obra	Quantidade	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
	1	0,33	R\$ 7,03	R\$ 2,34
Subtotal (R\$)				R\$ 2,34

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A atividade de recepção e pesagem para processamento de 2000 Kg de batata-doce demanda um custo de dois reais e trinta e quatro centavos (Tabela 4.4).

Os gastos decorridos do processo de limpeza da batata-doce estão na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Detalhamento dos custos no processo de limpeza

Limpeza				
	Quantidade	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
Mão-de-Obra	1	1,45	7,03	10,19
Energia Elétrica	kWh utilizados		Custo kW/h	Total (R\$)
	12		0,26	3,12
Água	m³ utilizados		Custo m³ (R\$)	Total (R\$)
	1,208		1,41	1,71
Subtotal (R\$)				15,02

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A atividade de limpeza da batata-doce para remoção das sujidades representa quinze reais e dois centavos (Tabela 4.5) dos custos de processamento.

A descrição dos custos envolvidos no processo de Moagem está apresentada na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Detalhamento dos custos no processo de moagem

Moagem				
Mão-de-Obra	Quantidade	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
	1	0,29	7,03	2,04
Energia Elétrica	kWh utilizados		Custo kW/h	Total (R\$)
	12		0,26	3,12
Água	m³ utilizados		Custo m³ (R\$)	Total (R\$)
	2,24		1,41	3,17
Subtotal (R\$)				8,33

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A água utilizada para triturar a batata-doce é utilizada para o processo seguinte de tratamento enzimático. Assim, os gastos correspondentes à atividade de Moagem foi de oito reais e trinta e três centavos (Tabela 4.6).

Os custos do processo do Hidrólise são apresentados na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Detalhamento dos custos no processo de hidrólise

Hidrólise				
Mão-de-Obra	Qtd	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
	1	0,43	7,03	2,99
Energia elétrica	kWh utilizada		Custo kW/h	Total (R\$)
	24		0,26	6,24
Insumos	Qtd utilizada (ml)		Custo/ml (R\$)	Total (R\$)
Alfa-amilase	320		0,04	14,08
Glucoamilase	680		0,03	20,67
Subtotal (R\$)				43,98

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Para o tratamento enzimático os gastos representaram quarenta e três reais e noventa e oito centavos do total de processamento.

Na tabela 4.8 são apresentados os custos como processo de fermentação.

Tabela 4.8 – Detalhamento dos custos no processo de fermentação

Fermentação			
Insumos	Qtd utilizada (kg)	Custo/kg (R\$)	Total (R\$)
Levedura	4	6,62	26,48
Subtotal (R\$)			26,48

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

O detalhamento dos custos no processo de fermentação evidencia o gasto de vinte e seis reais e quarenta e oito centavos do total do processamento de 2000 Kg de batata-doce.

A discriminação dos gastos referentes à destilação estão na tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Detalhamento dos custos no processo de destilação

Destilação				
	Qtd	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
Mão-de-Obra	1	9,20	7,03	64,67
Energia elétrica	kWh utilizada		Custo kW/h	Total (R\$)
	48		0,26	12,48
Subtotal (R\$)				77,15

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Para a atividade de destilação do produto fermentado, os gastos representaram setenta e sete reais e quinze centavos do total de processamento.

Os gastos referentes à geração de vapor para todos os processos estão apresentados na tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Detalhamento dos custos no processo de geração de vapor

Geração de Vapor				
Mão-de-Obra	Quantidade	Horas trabalhadas	Custo/h (R\$)	Total (R\$)
	1	0,80	7,03	5,62
Energia	kWh utilizados		Custo kW/h	Total (R\$)
Elétrica	9		0,26	2,34
Água	m³ utilizados		Custo m³ (R\$)	Total (R\$)
	1,17		1,41	1,65
Lenha	m³ utilizados		Custo m³ (R\$)	Total (R\$)
	0,6		40,00	24,00
Subtotal (R\$)				33,62

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A atividade de geração de vapor consome trinta e três reais e sessenta e dois centavos do total dos custos de processamento. A lenha aqui considerada é apenas de manutenção da pressão no interior da caldeira.

Para a depreciação dos equipamentos baseou-se na Instrução Normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998, para determinação do prazo de vida útil e taxa anual de depreciação. Os valores dos equipamentos foram fornecidos pela empresa Limana Poliserviços. Os dados são apresentados na tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Dados dos equipamentos e instalações para a depreciação

Atividade	Equipamento	Valor (R\$) ¹	Tempo de depreciação (anos)	Depreciação a.a.(%)
Recepção e Pesagem	recepção/ balança	3.100,00	10	10
Limpeza	lavador com tambor rotativo	16.300,00	10	10
Moagem	esteira transportadora	4.600,00	10	10
	moedor/triturador	14.200,00	10	10
Hidrólise	tanque de hidrólise (2000 Kg)	8.500,00	10	10
Fermentação	dornas de fermentação (3 dornas de 2000 Kg)	9.150,00	10	10
	destilação por sistema de batelada (650 Kg)	22.800,00	10	10
Geração de vapor	caldeira de vapor	38.000,00	10	10
Instalação	Prédio 100 m ²	84.800,00	25	4

Fonte: ¹Limana, 2014.

Na tabela 4.12 apresenta-se o detalhamento dos custos de depreciação dos equipamentos e instalações para processamento da batata-doce. Para cada um dos equipamentos foi determinado o custo de depreciação ao ano, ao mês e ao dia.

Tabela 4.12 – Depreciação dos equipamentos e instalações

Atividade	Equipamento	Depreciação a.a. (R\$)	Depreciação a.m. (R\$)	Depreciação a.d. (R\$)
Recepção e Pesagem	recepção/ balança	310,00	25,83	0,59
Limpeza	lavador com tambor rotativo	1.630,00	135,83	3,09
Moagem	esteira transportadora	460,00	38,33	0,87
	moedor/triturador	1.420,00	118,33	2,69
Hidrólise	tanque de hidrólise (2000 Kg)	850,00	70,83	1,61
Fermentação	dornas de fermentação (3 dornas de 2000 Kg)	915,00	76,25	1,73
Destilação	destilação por sistema de batelada (650 Kg)	2.280,00	190,00	4,32
Geração de vapor	caldeira de vapor	3.800,00	316,67	7,20
Instalação	Prédio 100 m ²	3.392,00	282,67	6,42
Total		15.057,00	1.254,75	28,52

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Para o custo de depreciação ao dia, consideraram-se vinte e dois dias mês e processamento de 2000 Kg de batata-doce. Esse cálculo foi considerado para a usina sendo utilizada unicamente para produção etanol a partir de batata-doce. Se for utilizada para outras produções, esse custo pode ser diluído.

Na tabela 4.13 apresenta-se a distribuição conjunta dos custos envolvidos no processamento de 2000 Kg de batata-doce para produção de etanol.

Tabela 4.13 – Distribuição dos custos no processamento de 2000 Kg de batata-doce para produção de etanol

Atividade	Elementos de despesa/ Custos							% por atividade
	Mão-de-obra (R\$)	Energia elétrica (R\$)	Insumos (R\$)	Depreciação (R\$)	Lenha (R\$)	Água (R\$)	Total (R\$)	
Recepção e Pesagem	2,34			0,59			2,93	1%
Limpeza	10,19	3,12		3,09		1,71	18,11	8%
Moagem	2,04	3,12		3,56		3,17	11,89	5%
Hidrólise	2,99	6,24	34,75	1,61			45,59	19%
Fermentação	-		26,48	1,73			28,21	12%
Destilação	64,67	12,48		4,32			81,47	35%
Geração de vapor	5,62	2,34		7,20	24,00	1,65	40,82	17%
Prédio 100 m ²				6,42			6,42	3%
Total (R\$)	87,86	27,30	61,23	28,52	24,00	6,53	235,44	100%
% por elemento de despesa	37%	12%	26%	12%	10%	3%	100%	

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Analisando as atividades de processamento (Tabela 4.13), a destilação apresentou um custo total de oitenta e um reais e quarenta e sete centavos, representando 35% do total dos custos das atividades. Na segunda posição destaca-se o processo de hidrólise, com quarenta e cinco reais e cinquenta e nove centavos, equivalente a 19% do total dos custos. A geração de vapor foi a terceira atividade com maior custo, com quarenta reais e oitenta e dois centavos, representando 17% do total dos custos. Em quarta posição, a fermentação consumiu

vinte e oito reais e vinte e um centavos, representando 12% do total dos custos das atividades. Na quinta posição, a limpeza apresentou um custo equivalente a dezoito reais e onze centavos, representando 8% do total dos custos. Seguida do processo da moagem com despesas de onze reais e oitenta e nove centavos equivalentes a 5% do total dos custos. E por fim, o prédio e a recepção e pesagem com 3% e 1% de representatividade das despesas, respectivamente. Na figura 4.16 apresenta-se graficamente a distribuição do consumo financeiro por atividade.

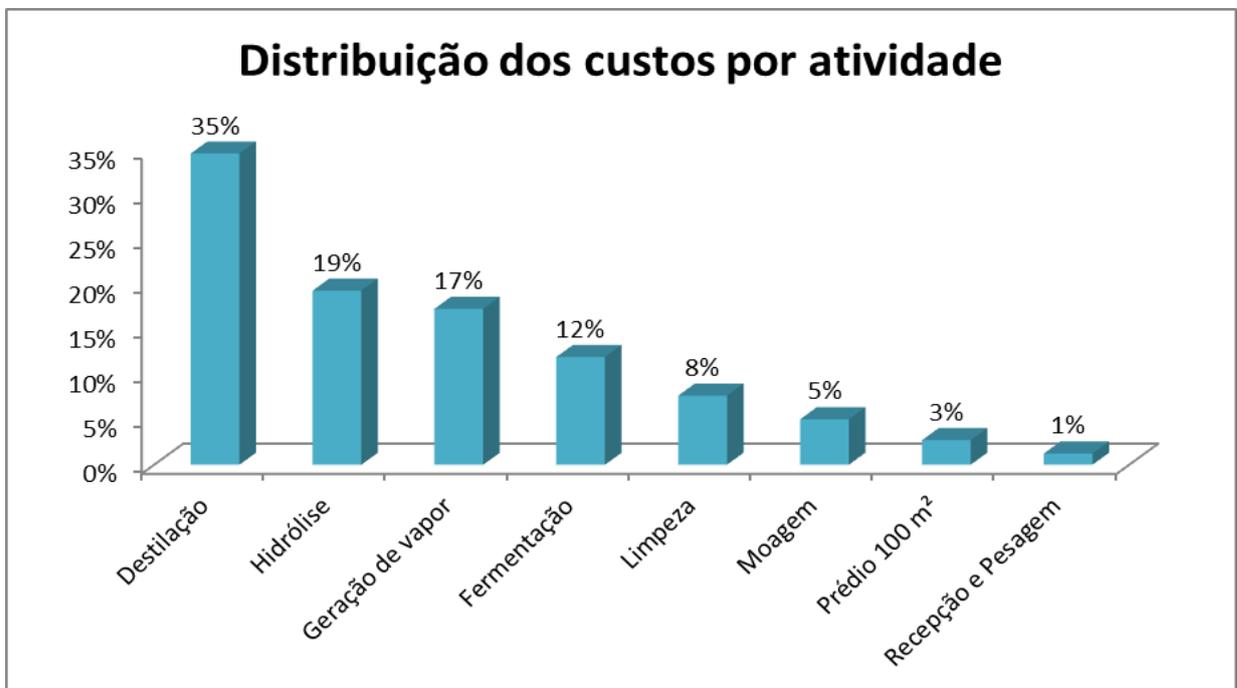


Figura 4.16 - Distribuição dos custos por atividade

A distribuição de custo por elemento de despesa, o custo com maior representatividade é a mão-de-obra com oitenta e sete reais e oitenta e seis centavos, equivalente a 37% do total do custo (Tabela 4.13). Em segundo lugar os insumos somaram um total de sessenta e um reais e vinte e três centavos, representando 26% do total dos elementos de despesa. A energia elétrica e a depreciação apresentaram-se em terceiro com 12% do total dos custos. Os custos com a lenha em quarta posição com vinte quatro reais e representando 10% do total dos custos. E, por fim, a água com seis reais e cinquenta e três centavos,

equivalente a 3% do total dos custos. Na figura 4.17 apresenta-se graficamente a distribuição do consumo financeiro por elemento de despesa.

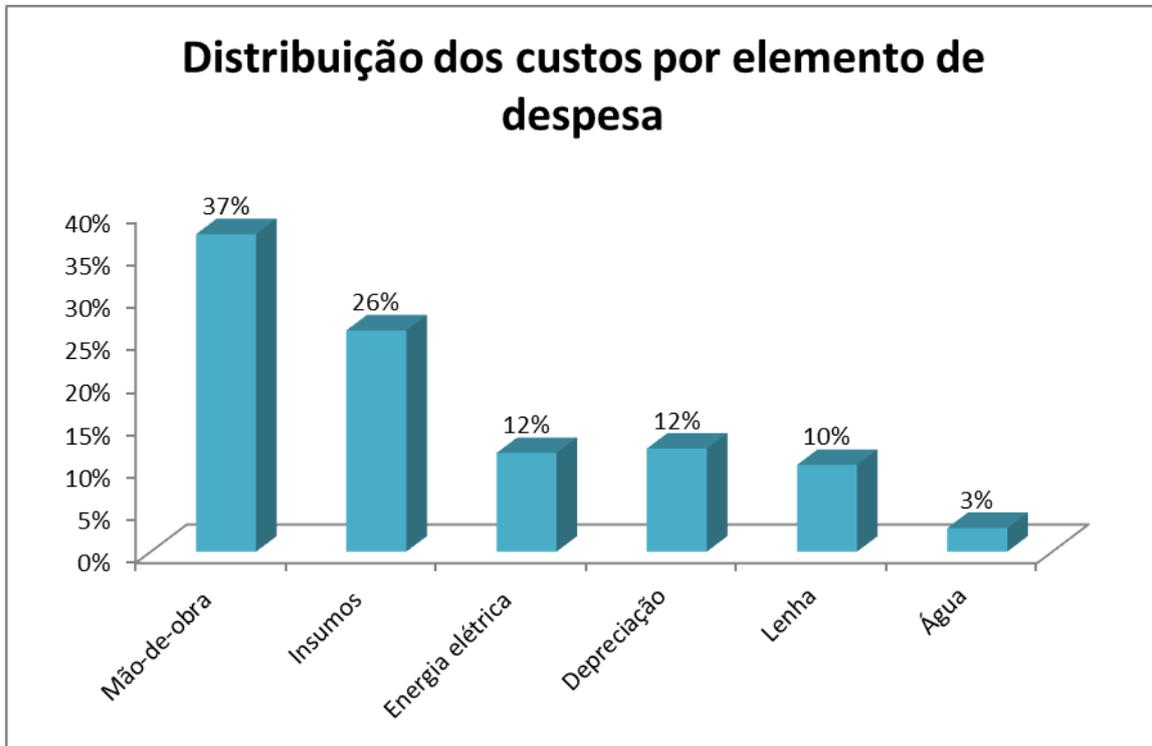


Figura 4.17 - Distribuição dos custos por elemento de despesa para produção de etanol a partir de batata-doce em uma usina piloto de etanol

Baseado no método de custeio ABC, obteve-se um custo total de duzentos e trinta e três reais e cinquenta e três centavos (Tabela 4.13). Considerando o processamento de duas bateladas, ou seja, de 2000 Kg/ dia de batata-doce, com rendimento de 380 litros de etanol hidratado, todos os custos de processamento e depreciação, obteve-se o custo de processamento de R\$ 0,62 (sessenta e dois centavos) por litro de etanol hidratado.

Para determinar o custo total de produção de etanol deve-se acrescentar ao custo de processamento o custo para aquisição da matéria-prima, que será determinada na sequência do trabalho.

4.4 Determinação do custo total do litro de etanol hidratado obtido a partir da batata-doce

Para o cálculo do custo total do litro de etanol obtido a partir da batata-doce baseou-se no custo por hectare dessa matéria-prima apresentado no estudo de Furlaneto, Firetti e Montes (2012), no valor de R\$ 2.898,60 (dois mil oitocentos e noventa e oito reais e sessenta centavos). Em um cenário onde se produz 30 toneladas por hectare, o custo por tonelada será de R\$ 96,62 (noventa e seis reais e sessenta e dois centavos).

No entanto, para a matéria-prima batata-doce, não basta apenas avaliar a produtividade por hectare, mas também a concentração de amido nela expressada. Assim, considerando que uma tonelada de batata-doce, com teor de amido de 31%, produza 190 litros de etanol hidratado, e uma produtividade de 30 t/ha, a contribuição da matéria-prima no preço final do litro de etanol é de R\$ 0,51 (cinquenta e um centavos). Somado ao custo de processamento, o custo total de produção do litro de etanol a partir da batata-doce é de R\$ 1,13 (um real e treze centavos). Para este custo de produção o processamento contribui com 54,9% e a matéria-prima com 45,1%. Neste sentido na seção 4.5 apresenta-se a análise de sensibilidade quanto à variação da participação da matéria-prima no custo final de produção do etanol.

4.5 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade apresentada nesta seção verifica o efeito da variação da produtividade por hectare de batata-doce no custo final do litro de etanol.

Na tabela 4.14 apresenta-se uma simulação para diferentes níveis de produtividade por hectare considerando teor de amido de 31%.

Tabela 4.14 – Influência da produtividade de batata-doce por hectare no custo final de produção do etanol

Produtividade por hectare (t)	Custo MP por tonelada (R\$)	Custo MP/ litro (R\$)	Custo processamento /litro (R\$)	Custo Final/ litro (R\$)	% MP	% Processamento
10	289,86	1,52	0,62	2,15	71,1	28,9
15	193,24	1,02	0,62	1,64	62,1	37,9
20	144,93	0,76	0,62	1,39	55,2	44,8
25	115,94	0,61	0,62	1,23	49,6	50,4
30	96,62	0,51	0,62	1,13	45,1	54,9
35	82,82	0,44	0,62	1,06	41,3	58,7
40	72,47	0,38	0,62	1,01	38,1	61,9
45	64,41	0,34	0,62	0,96	35,4	64,6
50	57,97	0,30	0,62	0,93	33,0	67,0
60	48,31	0,25	0,62	0,88	29,1	70,9

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

No cenário apresentado na tabela 4.14 percebe-se que quanto maior a produção de batata-doce por hectare, mais diluído o custo da matéria-prima por tonelada e, conseqüentemente, menor será a participação da matéria-prima no custo final do litro de etanol. Isso pode ser visualizado graficamente na figura 4.18.

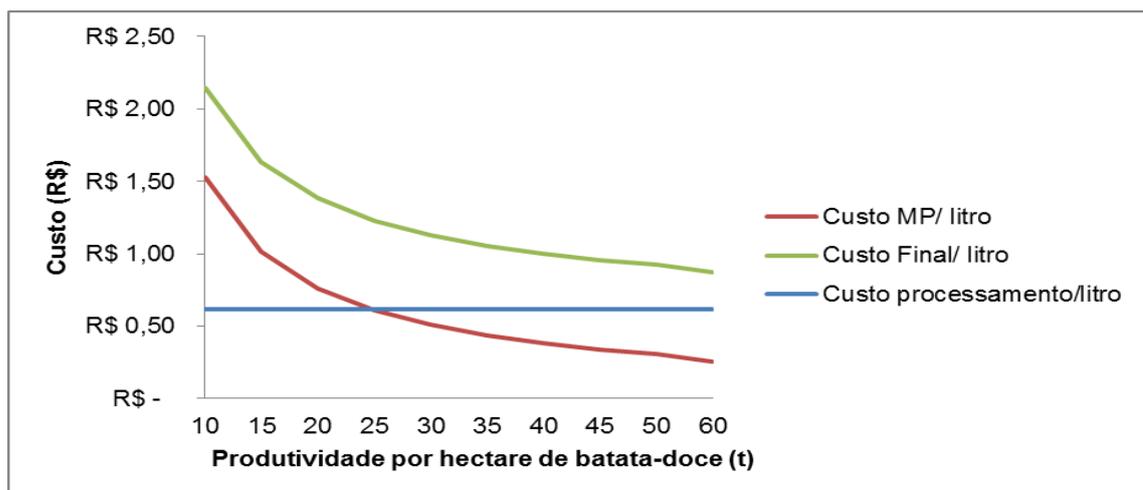


Figura 4.18 - Gráfico da influência da produtividade por hectare no custo final de produção do etanol

Na figura 4.18 percebe-se que o custo de processamento permanece constante independente da produtividade por hectare de batata-doce. Já a contribuição do custo da matéria-prima no custo final do litro do etanol atinge mais de 70% (Tabela 4.14) com produtividade de batata-doce de 10 toneladas por hectare. Em contrapartida, quando a produtividade atinge 25 toneladas por hectare, a contribuição do custo de processamento e o custo da matéria-prima por litro de etanol se equilibram (Figura 4.18).

Considerando diferentes valores de concentração de amido na batata-doce obtêm-se distintos volumes de etanol a 92° GL (Tabela 4.15).

Tabela 4.15 – Influência do teor de amido no volume de etanol 92° GL produzido no processamento de 1000 Kg de batata-doce

Teor de amido na batata-doce (%)	Volume etanol 92° GL produzido/1000 kg de MP
15	91,1
20	121,4
25	151,8
30	182,2
35	212,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Da análise da tabela 4.15 pode-se constatar que quanto maior o teor de amido presente na batata-doce maior será a quantidade de etanol produzido por tonelada de matéria-prima.

A relação entre o teor de amido presente na batata-doce com a produtividade por hectare impacta no volume total de etanol produzido por hectare (Tabela 4.16).

Tabela 4.16 – Influência da produtividade por hectare e teor de amido da batata-doce no volume total de etanol que pode ser obtido no processo

Produtividade por hectare (t)	Volume produzido de etanol por hectare (l)				
	Teor de amido (%)				
	15	20	25	30	35
10	911	1214	1518	1822	2125
15	1366,5	1821	2277	2733	3187,5
20	1822	2428	3036	3644	4250
25	2277,5	3035	3795	4555	5312,5
30	2733	3642	4554	5466	6375
35	3188,5	4249	5313	6377	7437,5
40	3644	4856	6072	7288	8500
45	4099,5	5463	6831	8199	9562,5
50	4555	6070	7590	9110	10625
60	5466	7284	9108	10932	12750

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Dessa maneira, a variável concentração de amido na batata-doce influencia diretamente no custo final do litro de etanol hidratado, pois quanto maior o teor de amido, maior será a produção de etanol por tonelada de matéria-prima e menor será o custo de produção do etanol.

Ainda, considerando os dados de produtividade nacional da batata-doce de 12 toneladas por hectare (Tabela 2.1), com teor de amido de 30%, o volume produzido de etanol por hectare seria de 2186 litros por hectare, fazendo uma interpolação na tabela 4.16, ou seja, uma produção 70% menor se comparada com a produção nacional de álcool a partir da cana-de-açúcar de 7350 litros por hectare (Tabela 2.1). E o custo de produção do litro de etanol a partir de batata-doce ficaria em torno de R\$ 1,90 (um real e noventa centavos) (Figura 4.18). Porém, essa desvantagem é em decorrência da produtividade de matéria-prima por hectare, ou seja, porque a cana-de-açúcar atinge 75 t/ha, enquanto a batata-doce atinge apenas 12 t/ha (Tabela 2.1).

No entanto, esse cenário nacional atual pode mudar com as novas pesquisas de melhoramento genético da batata-doce, como por exemplo, as novas variedades apresentadas pela Embrapa (Tabela 2.2), onde a produtividade pode atingir de 32 a 60 toneladas por hectare, a batata-doce torna-se uma interessante matéria-prima

alternativa para produção de etanol. Em um cenário, com a produtividade de 45 toneladas por hectare de batata-doce, com teor de amido de 30%, o volume produzido de etanol pode atingir 8199 litros por hectare (Tabela 4.16), ultrapassando a produtividade nacional de etanol a partir da cana-de-açúcar. Ainda, com este cenário o custo final do litro de etanol será de R\$ 0,96 (noventa e seis centavos), desse total 35,4% é contribuição do custo da matéria-prima e, 64,6% é contribuição do custo do processamento (Tabela 4.14).

4.6 Análise dos resultados da aplicação do custeio ABC entre as matérias-primas batata-doce, mandioca e sorgo sacarino

É interessante comparar os resultados obtidos para produção de etanol em pequenas unidades industriais a partir de batata-doce com alternativas já estudadas.

Fabrício (2011) fez estudo similar usando mandioca e Weschenfelder (2011) usando sorgo sacarino. A tabela 4.17 apresenta a comparação entre a produção de etanol por tonelada, os custos de processamento, os custos de matéria-prima e o custo total por litro de etanol hidratado entre das três alternativas.

Tabela 4.17 – Análise dos custos de produção por litro de etanol obtido a partir da batata-doce, mandioca e sorgo sacarino

Matéria-prima	Litros obtidos por tonelada	Custo processamento/l (R\$)	Custo matéria-prima/l (R\$)	Custo final por litro de etanol (R\$)
Batata-doce¹	190	0,62	0,51	1,13
Mandioca²	188	0,53	0,48	1,01
Sorgo sacarino³	43,1	0,50	0,42	0,92

Fonte: ¹Taborda, 2014; ²Fabrício, 2011; ³Weschenfelder, 2011.

Nos cálculos de Fabrício (2011), o teor de amido considerado na mandioca foi de 25% e para o experimento foram processadas três toneladas de matéria-prima.

Já na pesquisa de Weschenfelder (2011) foram processadas vinte e quatro toneladas de sorgo sacarino com grau Brix no caldo de 17,5%.

Em ambas as pesquisas, em que foi aplicado o método de custeio baseado em atividades, ABC, o custo de processamento se sobrepõe ao custo da matéria-prima (Tabela 4.17) e a mão-de-obra foi o elemento de despesa que teve maior representatividade no custo de processamento para as três matérias-primas, batata-doce (37%), mandioca (39%) e sorgo sacarino (39%).

Ainda, considerando que em 1000 Kg de cana-de-açúcar, com grau Brix no caldo de 19% obtêm-se 49,1 litros de etanol (WESCHENFELDER, 2011), a extração de etanol por tonelada, nas matérias-primas batata-doce e mandioca é superior ao da cana-de-açúcar (Tabela 4.17). Já o sorgo sacarino apresenta grande semelhança com a cana-de-açúcar, porém apresenta vantagem com relação ao cultivo na região Sul do país, já que esta última requer condições edafoclimáticas que restringem seu cultivo no estado do Rio Grande do Sul (CASTRO, *et al.*, 2008).

Outra análise possível de ser realizada é em relação à produção de etanol por hectare (Tabela 4.18).

Tabela 4.18 – Análise de produção de etanol por hectare obtido a partir da batata-doce, mandioca, sorgo sacarino e cana-de-açúcar

Matéria-prima	Grau Brix (%)	Amido (%)	Produção por hectare (t)	Produção de litros de etanol por tonelada (l)	Produção de litros de etanol por hectare (l)
Batata-doce¹	-	31	44	190	8.360
Mandioca²	-	25	25	188	4.700
Sorgo sacarino³	17,5	-	50 ⁵	43,1	2.155
Cana-de-açúcar	19	-	40,75 ⁴	49,1	2.001

Fonte: ¹Taborda, 2014; ²Fabrizio, 2011; ³Weschenfelder, 2011; ⁴IBGE, 2014; ⁵Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

No cenário apresentado na tabela 4.18, para os dados de produção por hectare em toneladas, considerou-se o rendimento médio obtido na safra de 2013 no

Rio Grande do Sul apresentado pelo IBGE (2014) para a cana-de-açúcar (40,75 t/ha). O rendimento do sorgo sacarino apresentado pela Embrapa Milho e Sorgo (2012) foi de 50 t/ha. Fabrício (2011) apresentou a produtividade de 25 t/ha para a mandioca. Para a batata-doce utilizou-se a média de produção das três novas variedades: Amélia, Cuia e Rubissol (Tabela 2.2).

Analisando a produção de etanol por hectare, a batata-doce produz 56% a mais de litros por hectare de etanol, se comparada com a mandioca (Tabela 4.18), porém, isso é decorrente pela maior produção de matéria-prima por hectare da batata-doce (44 t/ha), enquanto a mandioca produz 25 t/ha (Tabela 4.18). No entanto, chama atenção o fato da mandioca ter um rendimento maior na conversão do carboidrato em etanol.

Ainda, comparando a produção de etanol por hectare, a batata-doce produz quatro vezes mais e a mandioca duas vezes mais que a cana-de-açúcar. O sorgo e a cana-de-açúcar têm produtividade semelhante.

A produção de etanol por hectare de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul é de 2001 litros (Tabela 4.18). Mas em âmbito nacional com condições mais favoráveis, como nos estados de São Paulo e Mato Grosso o rendimento médio é de 7 mil litros por hectare (EMBRAPA MILHO e SORGO, 2012). No entanto, se for considerado que a batata-doce permite duas safras por ano a produção anual por hectare pode superar 16 mil litros de etanol hidratado.

É importante destacar que em grandes usinas opera-se moendas de múltiplos ternos (cada terno possui três rolos esmagadores) dispostos de forma a permitir sucessivos esmagamentos, da cana-de-açúcar para extração do caldo (CALTAROSSO, 2008), onde o rendimento de extração do caldo chega a 97% (LOPES, 1986 *apud* CALTAROSSO, 2008). Enquanto em pequenas unidades industriais, onde foi realizado o presente estudo, o rendimento da moenda de um terno (três rolos) chega apenas a 67,3% (WESCHENFELDER, 2011). Mas, a utilização de moendas de múltiplos ternos em pequenas usinas é inviável devido ao elevado investimento de aquisição. Portanto, em pequenas usinas é viável a produção de etanol com matérias-primas alternativas, como a batata-doce e a mandioca.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o diagrama das etapas do processo de hidrólise (Figura 4.9), se diminuir o tempo para elevar a temperatura a 80°C, bem como diminuir o tempo para baixar a temperatura a 60°C, o tempo total do processo de hidrólise diminuiria e conseqüentemente alteraria a sequencia temporal das atividades (Figura 4.15).

O rendimento médio de um hectare de produtos agrícolas para o Rio Grande do Sul, como soja e trigo, é de 2679 Kg/ha de soja, e 2394 Kg por hectare de trigo (IBGE, 2014). Esses rendimentos considerados conjuntamente com as cotações da primeira semana de junho de 2014, que foram R\$ 1,07 por quilograma para soja, e R\$ 0,56 por quilograma para o trigo, proporcionam uma renda anual de R\$ 4.207,17 por hectare. Considerando duas safras de batata-doce ao ano o custo de produção do álcool de batata-doce ultrapassa R\$ 16.000,00. Assim, considerando que o preço de venda será maior que o custo, pode-se inferir que o rendimento da atividade agrícola e agroindustrial irá multiplicar o rendimento por um fator superior a quatro.

Sob o ponto de vista econômico deve-se considerar que o álcool produzido em pequenas usinas não está sujeito a regulamentação exigida para o álcool de grandes usinas. Isso significa atualmente que não é preciso entrega-lo a Petrobrás para, a partir daí, ser comercializado.

Para estudos futuros sugere-se pesquisar a utilização dos resíduos de batata-doce, sorgo e mandioca como alimentação animal, em função do alto valor proteico e energético, ou para geração de biogás.

Ainda, sugere-se estudar a utilização desse biogás para os processos térmicos da extração do etanol, como fonte alternativa de energia. É necessário fazer um balanço energético para saber quanto de combustível utilizar, porque na colheita da batata-doce e mandioca demandam mais energia do que o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do processo de produção de etanol a partir da batata-doce (*Ipomoea batatas*), conforme demonstrado no capítulo 4 existe a viabilidade técnica de obtenção do álcool com uma graduação de 92° GL.

Do processamento, em uma pequena unidade industrial, de 1000 Kg de batata-doce foi possível extrair 190 litros de etanol hidratado a 92°GL, que corresponde a uma massa de 155,1 Kg de etanol. Dessa massa 139,9 Kg corresponde a etanol anidro e 15,2 Kg de água.

Pelo método de custeio ABC conclui-se que o principal elemento de despesa foi à mão-de-obra com 37%, seguido dos insumos com 26%. Em relação às atividades a que apresentou mais dispêndio foi à destilação com 35%, seguido da hidrólise com 19% e geração de vapor com 17%.

Sob o ponto vista econômico os custos industriais obtidos, de R\$ 0,96 por litro de etanol hidratado. Deste valor R\$ 0,34 corresponde a matéria-prima e R\$ 0,62 ao custo de industrialização. Sob o ponto de vista da margem de contribuição os custos variáveis são de R\$ 0,66 por litro de etanol. Esse valor indica que essa atividade no ambiente da pequena propriedade rural tem relevante possibilidade de agregar valor às atividades do estabelecimento.

Tanto o custo total como os custos variáveis apresentam valores abaixo dos preços de comercialização praticados no mercado. Portanto, é positiva a margem de contribuição do álcool industrializado dessa forma. Mais ainda que tanto tecnicamente como economicamente a implantação de uma unidade industrial não exige capacidades de economia de escala, isto é, capacidade superior aos investimentos suportáveis por uma pequena propriedade agrícola.

Um aspecto a considerar é que no processo o amido existente na batata-doce é transformado em etanol, isto é, uma matéria-prima da qual se poderia extrair um produto mais nobre é transformada em uma *commodity*. O que pode gerar discussão e se torna, portanto tema para estudos mais aprofundados.

O custo da matéria-prima através de uma produtividade média de 44 t/ha se essa produtividade aumentar mantendo o mesmo percentual de amido na batata-doce poderá haver uma redução não desprezível no custo do etanol obtido desta forma.

O processo estudado revela-se robusto significando que as variações na qualidade da matéria-prima podem influir no rendimento, mas não o torna tecnicamente inviável.

O conjunto de equipamentos utilizados no presente trabalho, para obter etanol a partir da batata-doce, também já foi utilizado para obtenção do mesmo produto final a partir de outras culturas, como a mandioca e o sorgo sacarino. Revela-se, desta forma, um processo flexível, o que proporciona ao agricultor a oportunidade de utilizá-lo com uma matriz diversificada de produtos agrícolas, característica que lhe permite uma estabilidade de produção nas várias estações do ano e reduz o risco da dependência de uma só cultura.

REFERÊNCIAS

AES Sul. **Tarifa kW/h rede trifásica categoria industrial**. Contato telefônico em 01 abr. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª ed. Brasília: ANEEL, 236 p., 2008. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> Acesso em 26 jul. 2013.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1ª ed. Brasília: ANEEL, 153 p., 2002. Disponível em http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf Acesso em 26 jul. 2013.

AUGUSTIN, E.; GARCIA, A.; ROCHA, B. H. G. **Caracterização de variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) através de descritores morfológicos e isoenzimáticos**. Ciência Rural, v. 30, n. 1, p. 49-53, Santa Maria, 2000.

BADINO, A. C. J. **Fundamentos de balanço de massa e energia**: um texto básico para análise de processos químicos. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 203 p.

BRIMSON, J. A. **Contabilidade por atividades**: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996. 229 p.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CALTAROSSO, F. **Análise de tensões em equipamentos de moagem da cana-de-açúcar usando o método dos elementos finitos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CARVALHO, J. C. M.; SATO, S. **Fermentação descontínua, biotecnologia industrial: Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda. v. 2, cap. 9, 193-204 p., 2001.

CASTRO, L. A. S., *et al.* **Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado, com potencial de produção de biocombustível**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documentos 258), 26 p., 2008. Disponível em http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_258.pdf Acesso em 01 ago. 2013.

_____. **Instalações para manutenção e desenvolvimento de matrizes de batata-doce com alta sanidade**. Circular Técnica MAPA. Embrapa, Pelotas, 2008.

CASTRO, L. A. S.; EMYGDIO, B. M. **Batata-doce para produção de biocombustível**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2009. Disponível em: http://www.cpact.embrapa.br/imprensa/artigos/2009/batata-doce_Suita.pdf Acesso em 16 jul. 2013.

CASTRO, L. A. S.; TREPTOW, R.; BECKER, A. **Potencialidade da cultivar de batata-doce BRS-CUIA como matéria-prima para a produção de etanol**. Simpósio Estadual de Agroenergia e IV Reunião Técnica de Agroenergia – RS, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75423/1/128.pdf> Acesso em 21 abr. 2014.

CORSAN, Companhia Riograndense de Saneamento. **Circular 001/ 13-SUCOM/DC**. Porto Alegre, jul., 2013. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/sites/default/files/conteudo/tabela%20tarifaria0713%20rec%20direta-perc%206,89%20FINAL1504%20pdf.pdf> Acesso em 28 mar. 2014.

COSTA, M. R. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias primas amiláceas visando a obtenção de etanol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

DAVIDSON, O. G. **Clean Break The story of Germany's energy transformation and what Americans can learn from It**. New York: InsideClimate News, 2012.

DIEHL, C. A. **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.

DUVERNAY, W. H. **Conversion of Industrial Sweetpotatoes for the Production of Ethanol**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências) – Universidade do Estado da Carolina do Norte, Raleigh, 2008. Disponível em <http://repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/418/1/etd.pdf> Acesso em 02 ago. 2013.

EMATER. **Custo de produção da cultura de batata-doce**. Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural do Distrito Federal – SEAGRI – DF. Jun. 2012.

EMBRAPA. **Novas cultivares de batata-doce chegam ao mercado**. Jun. 2011. Disponível em <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2011/junho/2a-semana/novas-cultivares-de-batata-doce-chegam-ao-mercado/#> Acesso em 26 de jul. 2013.

_____. **Cultura da batata-doce**. Sistema de Produção 6. Versão eletrônica. Dez. 2004. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/cultivares.htm> Acesso em 26 de jul. 2013.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Batata-doce**. Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças. Brasília-DF. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/batadoce.htm#Batata-Doce> Acesso em 25 jul. 2013.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público privada: oportunidades, perspectivas e desafios.** Documentos 138. 2012. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68879/1/doc-138-1.pdf> Acesso em: 11 jun. 2014.

FABRÍCIO, A. M. **Determinação dos custos de produção do etanol a partir da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pelo método de custeio baseado em atividades (ABC).** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro.** 10 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

FURLANETO, F. P. B.; FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M. **Comercialização, custos e indicadores de rentabilidade da batata-doce.** Pesquisa & Tecnologia, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDRATT, E. M. **A Meta: um processo de melhoria contínua.** São Paulo: Nobel, 2002.

GOMIDE, R. **Estequiometria industrial.** 2 ed. São Paulo: R. Gomide, 1979.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas do ano civil.** 2014. Rio de Janeiro: IBGE, v. 27, n.3, p.1-84, Mar., 2014. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201403.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201403.pdf). Acesso em 26 mai. 2014.

_____ **Cidades@**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/uf.php?coduf=43&search=rio-grande-do-sul>.

Acesso em 14 jul. 2013.

_____ **Áreas plantada e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção dos principais produtos das lavouras temporárias, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação produtoras – 2011**. Produção Agrícola Municipal. 2011. Disponível em [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2011/tabelas_pdf/tabela02.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2011/tabelas_pdf/tabela02.pdf). Acesso em 16 jun. 2014.

KROTH, L. L.; DANIELS, J.; PIEROBOM, C. R. **Degenerescência da batata-doce no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira Agrociência, v. 10, n. 1, p. 79 – 82, janeiro, 2004.

LIMANA Poliserviços. **Orçamento usina piloto de etanol da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por:

<loanataborda@yahoo.com.br>. Em: 10 abr. 2014.

LOBEIRO, A. M. *et al.* Aplicação do Software *Maple 12* para o balanceamento de equações químicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2., 2010, Paraná. **Anais eletrônicos**. Paraná: UTFPR, 2010.

Disponível em <http://www.sinet.com.br/anais2010/artigos/EQ/204.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2014.

LOVATO, A. **Metodologia da pesquisa**. Três de Maio: SETREM, 2013, 272 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 370 p.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia no mundo**. 2012. Disponível em

http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/boletins_de_energia/bole

tins_atuais/21_-_Energia_no_Mundo_-_OIEx_OIEE_e_Indicadores_-_
_Documento_Completo.pdf Acesso em 9 ago. 2013.

MENEZES, T. J. B. **Etanol, o combustível do Brasil**. São Paulo: Agronômico Ceres, 1980.

OLIVEIRA, J. M. S. **Estudo de viabilidade financeira para produção de etanol em pequena propriedade**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergias) – Faculdade de Tecnologia e Ciência de Salvador, Salvador, 2011.

ORTEGA, E.; WATANABE, M.; CAVALETT, O. **A produção de etanol em micro e mini-destilarias**. Disponível em:

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/mini-usina-](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/mini-usina-Ortega_000fxf2i83n02wyiv80soht9hu9eu0yp.pdf)

[Ortega_000fxf2i83n02wyiv80soht9hu9eu0yp.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/mini-usina-Ortega_000fxf2i83n02wyiv80soht9hu9eu0yp.pdf). Acesso em: 11 jul. 2013.

PEREZ, J. H.J.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos: textos e testes com as respostas**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 338 p.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química: na abordagem do cotidiano**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 584 p., 2002.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais**. In: BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. p. 76-96.

RECEITA FEDERAL. **Instrução Normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998**. 1998. Disponível em:

<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/ins/Ant2001/1998/in16298.htm>. Acesso em 14 mai. 2014.

ROSADO, J.; COELHO, H.M.; FEIL, N.F. **Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol em microdestilarias**. Estudo de viabilidade técnico-econômica independente. 32 p., 2008. Disponível em <http://www.changemakers.com/pt->

br/system/files/Artigo_Avalia%C3%A7%C3%A3o_Econ_Microdestilaria_VIII.pdf
Acesso em: 8 ago. 2013.

SANTANA, W.R. *et al.* **Identificação agronômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante.** Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v.7, n.1, p.31-34, mar. 2013.

SANTOS, J. F. *et al.* **Produtividade de batata-doce em função de cultivares e sistema de plantio.** Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v.3, n.2, p.27-30, jun. 2009.

SEPÚLVEDA, S.; WILKINSON, J.; TIBURCIO, B.; HERRERA, S. **Agroenergia e desenvolvimento de comunidades rurais isoladas.** Brasília:IIICA, 2008, v.7, 268 p.

SOARES, F. **Estudo do potencial climático para a cana-de-açúcar (*Sacharum ssp.*) no Rio Grande do Sul por meio de geoprocessamento: estudo de caso no município de Jaguari.** Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SOARES, F. U.; COSTA, F. A.; ALBA, J. M. F. **Diagnóstico da situação canvieira no estado do Rio Grande do Sul com auxílio de sistema de informação geográfica.** In: EMBRAPA. Documentos 219: trabalhos acadêmicos de geoprocessamento desenvolvidos no laboratório de planejamento ambiental em 2007. Pelotas, RS, p. 12-24, 2007. Disponível em:
http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_219.pdf
. Acesso em: 14 jul. 2013.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. L. **Manual de horticultura orgânica.** 2 ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 843 p. 2006.

WESCHENFELDER, S. C. **Aplicação do custo baseado em atividades na determinação do custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino em pequena unidade de produção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Cálculo do custo do m³ de água de poço artesiano, com estimativa de um poço de 100 m de profundidade

Descrição	Valor
Moto-bomba submersa 4" (5m ³ /h), marca Schnider, modelo sub20-50 S4E26, potência 5 HP, estágios 26, trifásico, altura manométrica de 180 m, vasão 5,2m ³ /h	R\$ 4.180,00
Perfuração e instalação do poço	R\$ 20.820,00
Energia gasta	3,68 kWh
Custo de energia elétrica para 5,2 m ³	R\$ 0,96
Custo de energia elétrica para 4,6 ,m ³ (utilizados no processamento da batata- doce)	R\$ 0,85
Custo energia elétrica por m ³	R\$ 0,18
Depreciação por m ³	R\$ 1,03
Manutenção m ³	R\$ 0,21
Custo m ³ de água	R\$ 1,41

ANEXOS

Anexo A – Análise físico-química da batata-doce



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS
FONE 055 3220 8254 FAX 055 3220 8353
CEP: 97105 900 BAIRRO CAMOBI - SANTA MARIA - RS



Análise N° F155/2013

DADOS DA AMOSTRA	
Interessado:	Colégio Politécnico- Usina de Etanol
Produto:	Batata doce
Data da fabricação:	
Data de validade:	
Remetido:	Cícero Nogueira
Análise solicitada pelo interessado:	Físico-química
Endereço:	Santa Maria/RS
Data da Análise:	30/04/2013

ANÁLISES	RESULTADO	RESULTADO
	Produto integral g%	Massa seca total g%
Umidade	61,73	
Fibra	1,06	2,76
Amido	31,31	81,81
Proteína	0,96	2,51


Moisés A. Dias
Analista


Prof. Edgar César Durante
Chefe Dpt.º Tecnologia e
Ciência dos Alimentos - UFSM

Santa Maria, 02 de maio de 2013.

Anexo B – Análise físico-química do resíduo de batata-doce



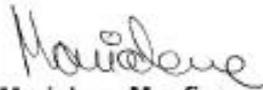
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA DOS ALIMENTOS
FONE 055 3220 8254 FAX 055 3220 8353
CEP: 97105 900 BAIRRO CAMOBI - SANTA MARIA - RS



Análise N° F215/2013

DADOS DA AMOSTRA	
Interessado:	Cicero Nogueira
Produto:	Residuo de batata doce
Data da fabricação:	
Data de validade:	
Remetido:	Pelo interessado
Análise solicitada pelo interessado:	Físico-química
Endereço:	Santa Maria/RS
Data da Análise:	05/junho/2013

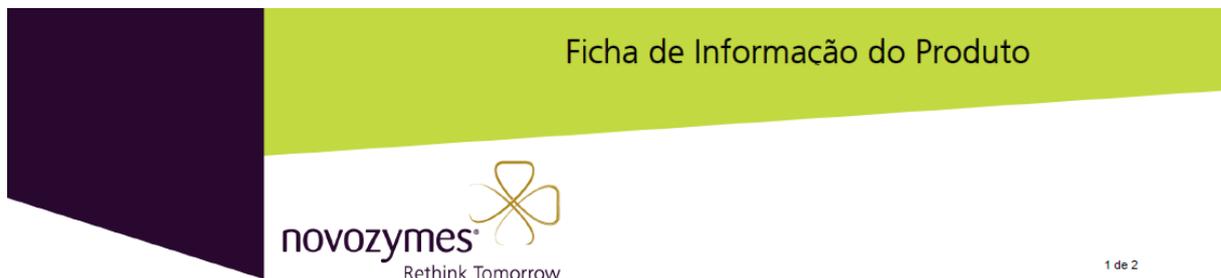
ANÁLISES	RESULTADO	RESULTADO
	Produto integral g%	Massa seca total g%
Umidade	91,98	-
Fibra	1,19	14,84
Amido	3,09	38,53
Proteína	0,70	8,73


Marialene Manfio
Analista


Prof. Edgar César Darante
Coord. Dept. Tecnologia e
Ciência dos Alimentos - UFSM

Santa Maria, 05 de junho de 2013.

Anexo C – Ficha técnica enzima alfa-amilase



Ficha de Informação do Produto



1 de 2

Válido a partir de 2014-03-19

Termamyl® 2X

Neste produto a atividade enzimática chave é fornecida por endoamilase que hidrolisa ligações (1.4)-alfa-D-glicosídeo em polissacarídeos amidicos

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Enzima Declarada	alfa-amilase
Atividade declarada	240 KNU-T/g
Cor	Amarelo a levemente marrom
Apresentação	Líquido
Densidade de aproximadamente (g/ml)	1,26
Viscosidade (cPs)	1-25
<i>A cor pode variar de um lote para outro. A intensidade da cor não é um indicativo da atividade enzimática.</i>	

ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade
Alpha-amylase unit KNU-T	240		/g
pH a 25°C	5,5	7,0	
Contagem total de viáveis	-	50000	/g
Bactéria Coliforme	-	30	/g
E.Coli	Não detectado		/25 g
Salmonella	Não detectado		/25 g
Metais pesados		Max 30	mg/kg
Chumbo		Max 5	mg/kg
Arsênico		Max 3	mg/kg
Cádmio		Max 0,5	mg/kg
Mercurio		Max 0,5	mg/kg

O método analítico da enzima está disponível no Portal do Cliente (Customer Centre) ou com o seu representante de vendas.

COMPOSIÇÃO

Ingredientes	% aprox. (p/p)
Água, CAS no. 7732-18-5	51.80
Sacarose, CAS no. 57-50-1	30
Cloreto de sódio, CAS no. 7647-14-5	14
Alfa-amilase, CAS no. 9000-90-2*	4
Sorbato de potássio, CAS no. 24634-61-5	0.20

*Definido como enzima conc. (base matéria seca)

STATUS GM

Este produto não é um OGM.
Organismo de produção Bacillus licheniformis
O produto enzimático é produzido por fermentação de um microrganismo que não está presente no produto final. O organismo de produção é caracterizado como auto-clonado de acordo com a definição da UE.

CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

A embalagem deve ser mantida intacta, seca e ao abrigo da luz. Siga as recomendações e use o produto antes da data de validade expirar para evitar a necessidade de uma dosagem maior.

Melhor utilizar antes de: A data de validade encontra-se no certificado de análise ou na embalagem do produto.

O produto oferece desempenho ideal se armazenado a 0–10 °C/32–50 °F e usado antes da data de validade. Se armazenado a até 25 °C/77 °F, o produto deve ser usado dentro de 3 meses após a entrega.

PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA E MANUSEIO

Enzimas são proteínas. A inalação de poeira ou aerossóis pode induzir sensibilização e causar reações alérgicas em indivíduos sensibilizados. Algumas enzimas podem irritar a pele, os olhos e as membranas mucosas em caso de contato prolongado. Veja a FISPO ou o Manual de Segurança para mais informações sobre como manusear o produto com segurança e o que fazer em caso de derramamento.

CONFORMIDADE

O produto está em conformidade com as especificações de pureza recomendadas para enzimas de grau alimentício definidas pelo Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) e o Food Chemicals Codex (FCC).

Os certificados Kosher e Halal encontram-se disponíveis no Customer Center ou com o representante de vendas.

CERTIFICAÇÕES

A Novozyymes é signatária do Pacto Global das Nações Unidas, da Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica e reportamos o nosso desempenho de sustentabilidade através da Global Reporting Initiative (GRI). Ver todos os nossos compromissos no âmbito da sustentabilidade em www.novozymes.com.



SEGURANÇA ALIMENTAR

O produto está em conformidade com os requisitos de pureza relacionados a micotoxinas recomendados pelo JECFA FAO/OMS e FCC.

Termamyl® 2X

novozymes®
2 de 2

EMBALAGEM

O produto está disponível em diferentes tipos de embalagem. Entre em contato com o representante de vendas para mais informações.

Novozymes Latin America Ltda.
Rua professor Francisco Ribeiro 683
CEP 83707-660 - Araucária - Paraná
Brasil

Tel. +55 41 641 1000
Fax +55 41 643 1443

Para mais informações, ou endereços de nossos escritórios, visite: www.novozymes.com

A legislação, a regulamentação e/ou os direitos de terceiros podem impedir os clientes de importar, utilizar, processar e/ou revender os produtos aqui mencionados de determinada maneira. Sem um acordo em separado e por escrito entre o cliente e a Novozymes com essa finalidade, este documento não se constitui em uma representação ou garantia de qualquer espécie e está sujeito a alterações sem aviso prévio.

© Novozymes A/S

Anexo D – Ficha técnica enzima glucoamilase



Ficha de Informação do Produto



1 de 2

Válido a partir de 2014-03-19

AMG[®] 300 L

Neste produto a atividade enzimática chave é fornecida por

glucoamilase, que hidrolisa ligações (1,4)- e (1,6)-alfa-D-glicose nas extremidades não-redutoras de polissacarídeos

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Enzima Declarada	Glucoamilase (glucano 1,4-alfa-glicosidase)
Atividade declarada	300 AGU/ml
Cor	Marrom claro a escuro
Apresentação	Líquido
Densidade de aproximadamente (g/ml)	1,16
Viscosidade (cPs)	10-40

A cor pode variar de um lote para outro. A intensidade da cor não é um indicativo da atividade enzimática.

ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

	Limite Inferior	Limite Superior	Unidade
Amyloglicosidase unit AGU pH a 25°C	300 3,5	4,5	/ml
Contagem total de viáveis	-	50000	/g
Bactéria Coliforme	-	30	/g
E.Coli	Não detectado		/25 g
Salmonella	Não detectado		/25 g
Metais pesados		Máx. 30	mg/kg
Chumbo		Máx. 5	mg/kg
Arsênico		Máx. 3	mg/kg
Cádmio		Máx. 0,5	mg/kg
Mercurio		Máx. 0,5	mg/kg

O método analítico da enzima está disponível no Portal do Cliente (Customer Centre) ou com o seu representante de vendas.

COMPOSIÇÃO

Ingredientes	% aprox. (p/p)
Água, CAS no. 7732-18-5	58.70
Glucoamilase (glicana 1,4-alfa-glicosidase), CAS no. 9032-08-0*	38
D-glicose/sacarose, CAS no. 57-50-1/50-99-7	3
Benzoato de sódio, CAS no. 532-32-1	0.20
Sorbato de potássio, CAS no. 24634-61-5	0.10

*Definido como enzima conc. (base matéria seca)

STATUS GM

Este produto não é um OGM.

Organismo de produção Aspergillus niger

O produto enzimático é produzido por fermentação de um microrganismo que não está presente no produto final. O organismo de produção não é modificado usando uma biotecnologia moderna.

CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

A embalagem deve ser mantida intacta, seca e ao abrigo da luz. Siga as recomendações e use o produto antes da data de validade expirar para evitar a necessidade de uma dosagem maior.

Melhor utilizar antes de: A data de validade encontra-se no certificado de análise ou na embalagem do produto.

O produto oferece desempenho ideal se armazenado a 0–10 °C/32–50 °F e usado antes da data de validade. Se armazenado a até 25 °C/77 °F, o produto deve ser usado dentro de 3 meses após a entrega.

PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA E MANUSEIO

Enzimas são proteínas. A inalação de poeira ou aerossóis pode induzir sensibilização e causar reações alérgicas em indivíduos sensibilizados. Algumas enzimas podem irritar a pele, os olhos e as membranas mucosas em caso de contato prolongado. Veja a FISPQ ou o Manual de Segurança para mais informações sobre como manusear o produto com segurança e o que fazer em caso de derramamento.

CONFORMIDADE

O produto está em conformidade com as especificações de pureza recomendadas para grau alimentício para as enzimas dadas pelo Comitê Misto FAO / WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) e o Food Chemical Codex (FCC), e com os relevantes padrões de segurança de alimentos e normas Chineses para enzimas grau alimentício.

Os certificados Kosher e Halal encontram-se disponíveis no Customer Center ou com o representante de vendas.

CERTIFICAÇÕES

A Novozyymes é signatária do Pacto Global das Nações Unidas, da Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica e reportamos o nosso desempenho de sustentabilidade através da Global Reporting Initiative (GRI). Ver todos os nossos compromissos no âmbito da sustentabilidade em www.novozymes.com.



SEGURANÇA ALIMENTAR

O produto está em conformidade com os requisitos de pureza relacionados à micotoxinas recomendados pelo JECFA FAO/OMS e FCC.

AMG®

300 L

novozymes®

2 de 2

EMBALAGEM

O produto está disponível em diferentes tipos de embalagem. Entre em contato com o representante de vendas para mais informações.

Novozymes Latin America Ltda.
Rua professor Francisco Ribeiro 683
CEP 83707-660 - Araucária - Paraná
Brasil

Tel. +55 41 641 1000
Fax +55 41 643 1443

Para mais informações, ou endereços de nossos escritórios, visite: www.novozymes.com

A legislação, a regulamentação e/ou os direitos de terceiros podem impedir os clientes de importar, utilizar, processar e/ou revender os produtos aqui mencionados de determinada maneira. Sem um acordo em separado e por escrito entre o cliente e a Novozymes com essa finalidade, este documento não se constitui em uma representação ou garantia de qualquer espécie e está sujeito a alterações sem aviso prévio.

© Novozymes A/S