

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE
MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE BIO-ETANOL E SUA
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES.**

ILEANA ANDREA ORDOÑEZ CAMACHO

Orientador: Prof. Dr. CLAUDIO CABELLO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Junho -2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MANDIOCA
PARA PRODUÇÃO DE BIO-ETANOL E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO
DE AVES.**

ILEANA ANDREA ORDOÑEZ CAMACHO

Orientador: Prof. Dr. CLAUDIO CABELLO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Junho-2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE BIO-ETANOL E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES.

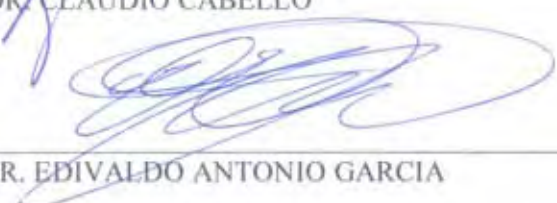
ALUNA: ILEANA ANDREA ORDOÑEZ CAMACHO

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO CABELLO

Aprovado pela Comissão Examinadora:



PROF. DR. CLAUDIO CABELLO



PROF. DR. EDIVALDO ANTONIO GARCIA



PROFA. DRA. MAGALI LEONEL

Data de Realização: 22 de junho de 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

065c Ordoñez Camacho, Ileana Andrea, 1984-
Caracterização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de bio-etanol e sua utilização na alimentação de aves / Ileana Andréa Ordoñez Camacho. - Botucatu : [s.n.], 2009.
x, 63 f. : il. color., gráfs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Cláudio Cabello
Inclui bibliografia.

1. Mandioca. 2. Etanol. 3. Resíduos. 4. Aves. I. Cabello, Claudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

*O que você tentaria fazer se você
soubesse que não conseguiria fracassar?*

A Deus, a minha família...

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

Palavras são poucas próximas de atos.
Seus atos muito me ajudaram,
e com todo carinho venho agradecer por isto.
Muito obrigado por sua ajuda.
Foi de grande valor!

A Deus por iluminar meu caminho

Ao Prof.Dr. Claudio Cabello, pela orientação profissional e pessoal.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Garcia e à Andréa de Britto Molino, pelas grandes contribuições no desenvolvimento do projeto.

À Universidade Estadual Paulista e a Coordenação do Curso de Pós-Graduação pela oportunidade.

A todos os professores e funcionários do CERAT (Centro de Raízes e Amidos Tropicais) pela paciência e pelos bons momentos.

À Prof. Dr. Amiga. Magali Leonel pelos conselhos e orientações.

Ao Sr. Mairson G. Dias (*meu esposo*) pela dedicação e paciência nas corridas entregas de relatórios!

Às minhas irmãs de casa Betânia e Taila pelo carinho, apoio e companheirismo.

E a todos aqueles que contribuíam direta ou indiretamente para que este projeto acontecesse *muchas gracias* !

SUMÁRIO

	Página
I Resumo:.....	1
II Abstract:	2
1.INTRODUÇÃO.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Agroindustrialização da mandioca	6
2.2 O etanol.....	11
2.3 Substratos para fabricação de bioetanol	13
2.3.1 Açúcar	15
2.3.2 Amido	16
2.3.3 Celulose	18
2.4. Mandioca como fonte de matéria prima para fabricação de bioetanol	19
2.4.1 Produção de bioetanol de mandioca	22
2.5 Utilização de resíduos na alimentação de aves	27
2.5.1. Energia em frangos de engorde	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Matéria Prima	31
3.2 Processamento	36
3.2.1 Procedimentos Experimentais	37
3.3. Análises dos resíduos	40
3.4 Análises microscópicas.....	41
3.5. Determinação de porcentagem de subproduto produzido.....	41
3.6. Ensaio Experimental.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 Matéria-Prima	44
4.2 Resíduos	45
4.2.1 Composição	45
4.2.2 Microscopia	46

4.2.3 Formulação de dietas para frango de engorde	49
4.3 Avaliações da inclusão dos resíduos em frangos de engorde	50
4.4 Análises estatísticas	53
5 CONCLUSÕES.....	55
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Fluxograma resumido do processo produtivo de açúcar, álcool e energia	16
FIGURA 2. Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	20
FIGURA 3. Fluxograma do processamento de mandioca para a produção de álcool	23
FIGURA 4. Algumas aplicações das enzimas aminolíticas nas transformações do amido	25
FIGURA 5. Utilização e distribuição de energia consumida por o frango	29
FIGURA 6. Fluxograma dos processos realizados para obter os dois tipos de resíduos do processamento das raízes de mandioca	37
FIGURA 7. Lavador-Descascador de raízes de mandioca com acionamento elétrico	38
FIGURA 8. Desintegrador para raízes tipo cevadeira em aço inox para produção de polpas.....	38
FIGURA 9. Reatores agitados, construídos com aço inox tendo volume de 15 e 80 litros respectivamente.....	39
FIGURA 10. Amostras dos resíduos de raízes de mandioca filtrados e dispostos em bandejas para secagem.....	41
FIGURA 11. Modelo de gaiola utilizada	39
FIGURA 12. Caracterização microscópica dos subprodutos da hidrólise-acarificação da mandioca no processo de fabricação de álcool	48
FIGURA 13. Caracterização microscópica dos subprodutos da hidrólise-sacarificação e fermentação da mandioca no processo de fabricação de álcool	49
FIGURA 14. Animais no tempo de início com detalhes do comedouro e balança para avaliação do peso.....	52
FIGURA 15. Animais nos tempos de 7, 14 e 21 dias de idade com detalhes nos comedouros, bebedouros e equipamentos utilizados	53

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Exportações brasileiras de farinha de mandioca no período 2005-2007	6
TABELA 2. Exportações brasileiras de fécula de mandioca no período 2005-2007.	7
TABELA 3. Composição de Raízes de mandioca de cultivares da América Central	9
TABELA 4. Produção mundial do Etanol combustivel no ano de 2007	12
TABELA 5. Principais tipos de carboidratos, sua principal fonte fornecedora e a categoria em que são enquadrados	15
TABELA 6. Produção de Mandioca no Brasil	21
TABELA 7 Tratamentos experimentais	44
TABELA 8 Análise físico-química da matéria prima (mandioca – raiz, Fécula Branca)	45
TABELA 9 Análise físico-químico dos resíduos sólidos do processo de fabricação de álcool a partir de mandioca; Resíduo 1 = resíduo do hidrolisado; Resíduo 2 = resíduo do fermentado.	47
TABELA 10. Composição percentual das dietas formuladas com inclusões de resíduo de mandioca hidrolisado para frangos de corte em fase inicial e composição nutricional calculada	50
TABELA 11. Composição percentual das dietas formuladas com inclusões de resíduo de mandioca fermentado para frangos de corte em fase inicial e composição nutricional calculada.	51
TABELA 12. Médias das variáveis avaliadas nos tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca hidrolisado.....	54
TABELA 13. Médias das variáveis avaliadas nos tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca fermentado.....	55

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES. 2009 62 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

Autora: ILEANA ANDREA ORDOÑEZ CAMACHO

Orientador: CLAUDIO CABELLO

I Resumo: A produção de bioetanol utilizando raízes de mandioca irá produzir um resíduo lignocelulósico que juntamente com o vinho esgotado nas colunas de destilação, constituem-se nos principais resíduos gerados no processo. Normalmente os resíduos líquidos seguem para tratamento em lagoas de estabilização enquanto que os resíduos sólidos são descartados no ambiente incorporando esta biomassa ao solo. A fim de se obter um melhor rendimento econômico na produção de etanol a partir das raízes de mandioca, o presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-química de resíduos sólidos gerados em dois tipos de processamento da matéria prima numa planta de fabricação de etanol e, verificar a possibilidade de sua inclusão em dietas formuladas para frangos de corte aproveitando os nutrientes remanescentes.

O processamento das raízes de mandioca teve início com a lavagem e desintegração das raízes com adição de 20% de água até obter uma polpa que foi tratada em reator agitado adicionando enzima α -amilase e temperatura de 90°C por 2 horas. Em seguida, ajuste de pH, abaixamento da temperatura para 60°C e adição de enzima amiloglucosidase com agitação por 14 horas para ser efetuada a fermentação. O hidrolisado obtido foi a fonte dos dois tipos de resíduo quais sejam: i) resíduo obtido da filtração do hidrolisado antes da fermentação e; ii) resíduo obtido da filtração do vinho alcoólico após fermentação do hidrolisado. O planejamento experimental incluiu os dois tipos de resíduos em níveis de 5, 10 e 15% em rações para frango de corte pelo período de 21 dias; os experimentos mostraram que a inclusão do resíduo de mandioca hidrolisado na formulação das rações afetou negativamente o desempenho, ao passo que a inclusão de resíduo fermentado não afetou o desempenho nos experimentos realizados.

Palavras-chave: etanol, mandioca, resíduo, aves, frango.

CHARACTERIZATION OF WASTES TO CASSAVA PROCESSING FOR PRODUCTION OF BIO-ETHANOL AND ITS USE IN FOOD FOR BIRDS

2009 62 p. Thesis (Master) Faculty of Agricultural Sciences UNESP – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009

Author: ILEANA ANDREA ORDOÑEZ CAMACHO

Adviser: CLAUDIO CABELLO

II Abstract:

The elaboration of bioethanol using cassava roots, produces a lignocellulosic waste which along with the wine produced in the distillation columns, constitute the main kind of waste generated in the process. The liquid waste is treated in stabilization ponds, while the solid waste is disposed in the environment, incorporating such biomass to the soil. Aiming at to get the best advantage from the production of ethanol, from cassava roots, this work presented a physical-chemical characterization from two different kinds of waste obtained from two different kinds of such raw material processing, and developed a methodology for including this into fattening chicken diets in the early phase, getting the best possible from the carbohydrates.

The processing of cassava roots began with the disintegration and washing the roots with the addition of 20% of water to obtain a pulp which was treated in stirred reactor adding enzyme α -amylase and temperature of 90 ° C for 2 hours. Then, adjust the pH, lowering the temperature to 60 ° C and addition of enzyme amiloglucosidase and stirring for 14 hours. The hydrolyzate obtained was the source of two types of waste which are: i) type 1 solid residue obtained after filtration of the hydrolyzate and ii) solid waste type 2 obtained from filtering the wine after alcoholic fermentation of the hydrolyzate.

The experimental design included both types of waste at levels of 5, 10 and 15% in diets for broiler chickens for a period of 21 days. The experiments showed that the inclusion of hydrolyzed cassava waste in the formulation of diets adversely affected the performance of the animals, while the inclusion of fermented residue doesn't affected the performance in experiments.

Key words: Ethanol, cassava, waste, bird, chicken.

1. INTRODUÇÃO

As crises de energia, juntamente com a carência de alimento e a ameaça à ecologia, constituem os principais problemas que afligem o homem moderno. É fácil compreender que o desenvolvimento socioeconômico e o aumento populacional determinam acréscimos à demanda de alimento e de bens de consumo que, por sua vez, exigem para sua produção, um correspondente aumento na quantidade de energia e no despejo no ambiente de grandes volumes de resíduos poluentes inaproveitáveis (MENEZES, 1980).

Com 14.300 milhões de litros de álcool de cana produzidos em 2008 (UNICA, 2009), o Brasil tem hoje o privilégio de ser um dos maiores produtores de álcool no mundo, produzindo etanol a partir da cana de açúcar desde o começo da década de 70. Foram realizados grandes avanços no desenvolvimento tecnológico desde a produção e tratamento da matéria prima até o reaproveitamento dos resíduos (co-geração). Na etapa de produção agrícola, foram introduzidos novos equipamentos de colheita, novas variedades, tecnologias de manejo da plantação e na etapa industrial, foram aperfeiçoados os processos e equipamentos reduzindo os gastos energéticos. Desta forma, os resultados alcançados na produção de bioetanol a partir da cana-de-açúcar demonstram a validade das pesquisas e geram interesses na sua produção a partir de outras fontes de matérias-primas.

As matérias primas amiláceas como as tuberosas tropicais, representam uma fonte alternativa para a produção de etanol. A utilização da mandioca como fonte de carboidratos para produção de etanol sempre foi considerada tomando-se como referencial a cultura da cana de açúcar que lhe concorre com vantagens nada desprezíveis. De um lado uma

cultura predominantemente de utilização na alimentação na forma *in natura* ou como farinha atendendo extensas populações e de outro uma cultura praticada intensivamente para produção de açúcar que suprindo a demanda interna, acessa importantes mercados de exportação (CABELLO, 2005).

Destilarias de pequeno e médio porte, utilizando a mandioca como matéria prima são viáveis atualmente, ao contrário da cana de açúcar, que requer investimentos muito maiores. Estima-se que o custo para instalar uma destilaria de mandioca com capacidade para produzir vinte mil litros/dia de álcool seja de R\$ 6 milhões. Isto representa apenas 10% do valor necessário à implantação de uma usina de cana de açúcar com a mesma capacidade de processamento (ABAM, 2007).

Atualmente dispõem-se de tecnologias para produção de etanol a partir da mandioca abundantemente produzida em todos os estados do Brasil, mesmo assim é necessário desenvolver novas tecnologias que permitam maiores produtividades agrícolas e aperfeiçoamento nos sistemas de produção para conseguir fortalecer o setor e ter maiores vantagens econômicas.

Além do aspecto da agressão ao meio ambiente, deve ser também considerado que o despejo indevido dos subprodutos de mandioca constitui em desperdício de rendimentos para o produtor, quando se consideram as quantidades geradas e a composição dos subprodutos (CEREDA, 2001).

Nos últimos tempos há uma crescente busca de maior utilização de resíduos agroindustriais, como por exemplo: bagaço de cana de açúcar, farelo de mandioca, polpa de tomate, etc. Diversos processos são desenvolvidos para utilização desses materiais transformando-os em compostos químicos e produtos com alto valor agregado como álcool, enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, etc. A utilização de resíduos agroindustriais em bioprocessos é uma racional alternativa para produção de substratos, e uma ajuda para solucionar o problema de poluição (PANDEY et al., 2000).

O objetivo do estudo foi caracterizar os resíduos gerados em dois tipos de processamento das raízes de mandioca numa unidade industrial de produção de bioetanol e avaliar os efeitos da utilização destes resíduos na formulação de rações para frangos de corte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A produção de energia sempre foi um desafio para o homem, primeiramente para sua sobrevivência biológica e, no estágio seguinte, para a manutenção de seu padrão de vida social e tecnológico. Por mais que a indústria invista no desenvolvimento de equipamentos cada vez mais econômicos e por mais que os setores produtivos da sociedade se organizem na busca da chamada eficiência energética, a produção de energia terá de ser cada vez maior. São vários os fatores que impulsionam o aumento de demanda, mas basta olhar para um deles, que é o processo natural de redução das desigualdades, para se ter uma idéia da necessidade dos investimentos. Nos últimos 20 anos, o consumo de energia nos países mais pobres do mundo aumentou de forma espantosa, fenômeno que atinge também os países emergentes. Na Índia, o consumo dobrou em duas décadas. Em Bangladesh, o aumento foi de 150%, no Brasil, 250%. O consumo de energia *per capita* dos brasileiros equivale apenas um terço do consumo *per capita* de espanhóis e coreanos (OINEGUE, 2009).

Atualmente, visando reduzir os efeitos negativos causados por combustíveis fósseis, tem sido crescente a busca por combustíveis não-poluentes. Biocombustíveis são fontes de energia renováveis, derivados de matérias agrícolas como plantas oleaginosas, biomassa florestal, cana-de-açúcar e outras matérias orgânicas (SAITO, 2005).

2.1 Agroindustrialização da mandioca

A mandiocultura no Brasil encontra-se em diferentes condições, variando desde a cultura tradicional, de subsistência, com pouca ou nenhuma tecnologia e de baixa produtividade (8 a 12 t/ha), até pólos na região oeste do Paraná, Mato Grosso do Sul e noroeste de São Paulo, com plantios de mandioca empresarial, mecanizados, com tecnologia, visando alcançar produtividades de 40 t/ha, já em perfeita sintonia com a indústria e oferecendo segurança de comercialização aos produtores (SCHWENGBER, 2009).

A produção de mandioca no Brasil é de cerca de 26 milhões de toneladas por ano. Segundo a ABAM (2007) quase a metade é destinada à produção de farinha, 40% é usado para consumo de mesa e ração animal, e 9,5% transformada em amido, principalmente na Região Sul. As Tabelas 1 e 2 mostram os *rankings* de exportações brasileiras de fécula e farinha de mandioca desde o ano 2005 até Junho de 2007 (AGRIANUAL, 2008).

Tabela 1. Exportações brasileiras de farinha de mandioca no período 2005-2007.

País	2005		2006		2007	
	mUS\$	Ton	mUS\$	Ton	mUS\$	Ton
Portugal	268	596	315	633	291	487
Estados Unidos	224	369	247	337	206	274
Japão	64,8	63,5	148	177	42,2	40,7
Uruguai	50,6	161	93,6	307	39,5	93,5
Cabo Verde	42,1	74,9	48,8	108	50,2	92,0
Itália	17,1	21,8	25,2	32,1	33,6	36,5
Reino Unido	15,6	18,0	18,2	18,6	13,1	14,1
Angola	6,2	5,4	18,1	11,8	33,5	21,7
Luxemburgo	0,0	0,0	14,0	17,0	3,0	3,7
Alemanha	15,0	15,0	11,9	13,4	5,5	5,7
Irlanda	0,0	0,0	11,0	8,5	1,9	1,0
Outros	23,6	58,5	21,3	39,0	23,3	26,6.

Total	726	1.387	972	1.701	743	1.096
--------------	------------	--------------	------------	--------------	------------	--------------

Fonte: Agrianual 2008

Tabela 2. Exportações brasileiras de fécula de mandioca no período 2005-2007.

País	2005		2006		2007	
	mUS\$	Ton	mUS\$	Ton	mUS\$	Ton
Estados Unidos	1.909	3.910	1970	3.746	1.737	3.264
Colômbia	136	508	633	1.994	0,0	0,0
Venezuela	279	805	600	1.785	898	1.775
Peru	268	616	266	611	129	296
Chile	159	546	221	779	98,0	300
Canadá	105	300	163	477	115	149
Uruguai	296	1.068	148	572	54,8	137
Portugal	111	201	145	214	109	990
México	0,6	1,0	95	255	466	68,0
Países Baixos	1.108	2.415	86	170	42,1	0,3
Argentina	202	842	81,1	369	0,3	127
Reino Unido	39,2	70,5	79,1	138	88,1	127
Bélgica	1,1	1,3	76,3	176	0,0	0,0
Guatemala	22,1	38,0	45,7	76,0	36,5	57,0
Nova Zelândia	9,3	16,0	42,5	64,2	12,7	14,5
Costa Rica	22,2	60,0	23,2	80,0	45,2	115
Outros	106,8	148	124,1	227	104	157.
Total	4.773		4.799		3.937	
	11.545		11.731		7.746	

Fonte: Agrianual 2008

Na etapa de processamento são gerados os principais subprodutos e resíduos, que representam um volume nada desprezível. Por exemplo, no processamento da fécula são gerados aproximadamente, por tonelada de raiz, 2,62 m³ de água de lavagem, 3,68 m³ de água de extração de fécula, 1,1 m³ de maniveira e uma quantidade de bagaço (massa ou farelo) equivalente a 1, 070 kg (CEREDA, 2001).

O aproveitamento dos resíduos ou subprodutos é importante tanto para reduzir os impactos negativos no ambiente quanto para reduzir os custos de produção e aumentar as receitas (CARDOSO et al., 2001). O aproveitamento mais racional de subprodutos poderá favorecer ainda mais o balanço energético (MENEZES, 1980).

A disposição no ambiente de resíduos gerados em diversas atividades industriais tem resultado em freqüentes relatos de problemas de poluição ambiental. Tais problemas levaram as autoridades a elaborar medidas efetivas para minimizar a poluição. Entre essas medidas, podem ser citadas as reduções da quantidade de resíduo geradas, utilização de tecnologias que permitam gerar resíduos menos poluentes, tratamento adequado dos resíduos antes da disposição no ambiente e aproveitamento dos resíduos em outras atividades.

Atualmente, as alternativas de valorização de resíduos através do seu aproveitamento tem sido muito incentivadas, já que podem contribuir para a redução da poluição ambiental, bem como permitir a valorização econômica desses resíduos tornando-o um subproduto e deste modo agregando valor ao processo de agroindustrialização (CAMILI, 2006).

Os resíduos gerados no processo de extração de amido a partir de mandioca causam sérios problemas ambientais considerando-se os volumes e a composição dos mesmos. São constituídos por partes da planta que passam por diversos processos físicos e/ou químicos que modificam em parte sua composição, que pode variar dependendo do cultivar, a idade da planta, tempo após a colheita e o tipo de equipamentos utilizados e outros.

A Tabela 3 mostra a composição das raízes de mandioca de cultivares de América Central, diferenciando as longas e finas, as médias e as curtas e grossas (CEREDA, 2001).

Tabela 3. Composição de raízes de mandioca de cultivares da América Central.

Componentes (g / 100g)	Raízes		
	Longas e finas	Médias	Curtas e grossas
Água	62,10	62,10	62,10
Fibra	1,60	1,25	1,14
Lipídeos	0,65	0,20	0,24
Nitrogênio	0,32	0,17	0,11
Carboidrato	32,95	34,18	34,70
Cinzas	1,20	1,20	0,86
(mg / Kg)			
Cálcio	46,00	27,00	27,00
Fósforo	78,00	66,00	43,00
Ferro	1,60	0,50	0,50
Caroteno	0,01	0,01	0,01
Tiamina	0,09	0,06	0,05
Riboflavina	0,04	0,04	0,03
Niocina	0,82	0,72	0,60
Ac. Ascórbico	32,00	40,75	41,40

A proteção do médio ambiente gera a necessidade de valorizar os resíduos, aplicando tecnologias que permitam estabelecer novos usos, estas tecnologias devem ser apropriadas e adaptadas a cada processo, os resíduos transformados em subprodutos reduzem os impactos no médio ambiente e geram recursos, reduzindo custos (CEREDA, 2001).

A palavra resíduo leva uma imagem depreciativa, onde o produto, analisado no contexto global do processamento, não tem serventia e deve ser descartado. Esse conceito tem sido gradualmente abandonado, substituído por outros como subprodutos e mesmo co-produtos. O conceito altera o contexto do processo e coloca em foco a possibilidade de melhor utilização da matéria prima. Além disso, fica cada vez mais oneroso tratar os efluentes e resíduos, de forma que sempre que possível é melhor evitar o tratamento e utilizar os resíduos como matéria prima em novos processos (CEREDA, 1994).

Reduzir custo e o impacto dos resíduos no ambiente deve ser a estratégia a ser intensificada no aproveitamento desses materiais. Na agenda de pesquisa que vise reduzir o impacto dos resíduos no custo final do processo é fundamental incluir ações que contemplem novos usos. Os resíduos, dentro deste novo contexto, deveriam ser vistos e remunerados como subprodutos. Caso contrario, o valor do produto final na propriedade agrícola, convertido em termos de matéria prima, será bastante elevado quando comparado com correntes direto, como o milho, por exemplo. No caso deste cereal uma tonelada gera praticamente o mesmo volume de produtos que tem valor comercial, isso faz reduzir o impacto do preço da matéria prima no custo total do produto principal (SANT ANA, 2004).

Há muitos outros exemplos destas formas de atuação entre os quais se cita o processamento da cana-de-açúcar no Brasil e o processamento úmido do milho em nível mundial. No primeiro caso o bagaço da cana, que era um resíduo incômodo, se transformou em subproduto e está próximo de transformar em co-produto; essa mudança no processamento de descarte para queima na caldeira permitiu mais eficiência energética. Com o bagaço sobrando, um esforço da pesquisa permitiu abrir uma série de opções que vão da alimentação animal até a co-geração de energia elétrica para venda, satisfazendo demandas regionais. No caso do processamento do milho, a melhor solução foi repassar os resíduos para outra indústria, de produção de óleo a partir do germe. Para que seja possível encontrar soluções economicamente viáveis para o aproveitamento dos resíduos, se devem conhecer as

quantidades produzidas e caracterizar os resíduos de forma a mais completa possível (CEREDA, 2001).

Os subprodutos da mandioca , assim como os da batata, são de baixa qualidade e valor comparativamente às outras principais fontes de matéria prima de amido (milho e trigo). Todavia, isso pode se reverter com o ajuste às condições locais, divulgação e adoção das alternativas que possam transformar os resíduos do processamento da mandioca em insumos com novos e atuais processos industriais. Paralelo a isso, novas alternativas devem ser pesquisadas (SANT ANA, 2004).

O uso específico da cana de açúcar, milho e outros produtos agrícolas para obtenção de álcool pode causar uma possível problemática no suprimento alimentício pelo crescimento da população mundial, entretanto, a expansão no uso de resíduos agroindustriais é visto como uma alternativa a esta situação. (PRIMO-YÜFERA et al., 1950).

2.2 O etanol

Incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água e quando produzido através da fermentação da sacarose denomina-se bioetanol. Comercialmente, é conhecido como álcool etílico e sua fórmula molecular é C_2H_5OH ou C_2H_6O . O etanol é hoje um produto de diversas aplicações no mercado, largamente utilizado como combustível automotivo na forma hidratada ou misturado à gasolina. Também tem aplicações em produtos como perfumes, desodorantes, medicamentos, produtos de limpeza doméstica e bebidas alcoólicas. Merece destaque como uma das principais fontes energéticas do Brasil, além de ser renovável e pouco poluente.

O consumo de energia aumenta a cada século juntamente com a população e a alta industrialização. O petróleo é um dos recursos de maior demanda no mundo, porém suas reservas estão em declínio, por causa disto a economia de muitos países dependentes do óleo combustível possui grande interesse em explorar energias alternativas. O etanol como alternativa de energia através da fermentação de açúcares vem sendo investigado. A produção de etanol de milho vem sendo usada desde 1980. Entretanto o custo na produção de etanol é relativamente alto comparando com o combustível fóssil (SUN et al., 2002).

A Tabela 4 mostra que o Brasil é hoje o segundo maior produtor de etanol do mundo, é considerado líder internacional em matéria de biocombustíveis e a primeira economia em ter atingido um uso sustentável dos biocombustíveis. Juntamente, o Brasil e os Estados Unidos lideram a produção do etanol no mundo.

Segundo o Balanço Energético Nacional 2008 –MME no ano de 2007 a produção brasileira foi de 26,4 bilhões de litros. A indústria brasileira de etanol tem 30 anos de história, além disso, por regulamentação do Governo Federal, toda a gasolina comercializada no país é misturada com 25% de etanol. Circulam no país perto de 6 milhões de veículos, automóveis e veículos comerciais leves, que podem rodar com 100% de etanol ou qualquer outra combinação de etanol e gasolina, e são chamados popularmente de carros "flex".

Tabela 4. Produção mundial do Etanol combustivel no ano de 2007 - (F.O. LICHT, 2007)

País	Milhões de galões
Estados Unidos	6498,6
Brasil	5019,2
União Européia	570,3
China	486,0
Canadá	211,3
Tailândia	79,2
Colômbia	74,9
Índia	52,8
Centro America	39,6
Austrália	26,4
Turquia	15,8
Paquistão	9,2
Peru	7,9
Argentina	5,2
Paraguai	4,7

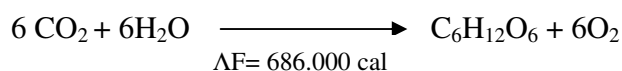
Total	13101,7
--------------	----------------

Atender à crescente demanda interna brasileira por etanol será o principal desafio dos produtores daqui para frente. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), o consumo de etanol anidro e hidratado em 2007 foi de 17,3 milhões de litros, pouco abaixo dos 18,6 milhões de litros de gasolina no mesmo período. Entre 2000 e 2007, o consumo de etanol avançou 50% enquanto o da gasolina cresceu 8% e o óleo diesel 17,4%.

Segundo estimativas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2017 o consumo de etanol no Brasil irá saltar para 53 milhões de litros anuais e esse volume representará cerca de 80% dos combustíveis líquidos consumidos por veículos leves e de pequeno porte no Brasil. No acumulado de janeiro a setembro de 2008, as vendas de álcool combustível foram 1,6% maiores que as da gasolina. (OINEGUE, 2009).

2.3 Substratos para fabricação de Bioetanol

A energia acumulada pelas plantas principalmente na forma de carboidratos e lipídeos é resultado da fotossíntese, que nas plantas verdes, compreende a síntese dos compostos orgânicos a partir da água e do dióxido de carbono usando a energia fornecida pela luz que é absorvida pela clorofila, como mostra a equação:



È um fenômeno inverso da respiração e, faz parte do ciclo do carbono, pelo qual são geradas as matérias primas das quais dependem direta e indiretamente quase todas as plantas e animais, para o fornecimento de energia às reações metabólicas. Assim a fixação do CO₂ nas plantas pela fotossíntese é a forma pela qual a energia se armazena formando o carboidrato a partir do qual, e juntamente com os outros nutrientes do solo, se formam todos os compostos orgânicos da planta; as plantas que tem maior capacidade de

acumular essa energia apresentando maior valor de carboidratos são as que devem ser consideradas para o seu aproveitamento como matéria prima na produção de álcool.

Utilizando um catalisador biológico como a levedura qualquer produto que contenha uma quantidade considerável de carboidratos constitui-se em matéria prima para obtenção de etanol. Na produção industrial de álcool e aguardentes, o microorganismo mais usado é a levedura *Saccharomises cerevisiae*, com tolerância a altos teores de etanol, pouco afetados pelos açúcares presentes e, com boa velocidade de fermentação (BELLUCO, 2001).

A fermentação alcoólica de açúcares fermentescíveis na presença de leveduras obedece à ordem seqüencial de reações metabólicas da via Embdem – Meyerhof – Parnas (LIMA et al., 2001). O fenômeno como um todo pode ser representado pela equação de Gay Lussac, que serve de base para cálculos de eficiência:



O balanço de massa teórico, indica que 1 mol de glicose é convertida a 2 moles de etanol e 2 moles de gás carbônico, que em termos mássicos seria:



Com um rendimento teórico de 51,1% sobre a massa da glicose.

As matérias primas ricas em carboidratos do ponto de vista de fermentação podem ser agrupadas em duas categorias descritas na Tabela 5. As diretamente fermentescíveis que não necessitam de conversão prévia do carboidrato, e as indiretamente fermentescíveis que precisam sofrer essa conversão previa do carboidrato antes da fermentação, de modo a torná-lo assimilável pela levedura alcoólica (MENEZEZ, 1980).

São atualmente utilizadas para obtenção de etanol: Os açúcares solúveis (matérias primas açucaradas, principalmente da cana de açúcar); os amidos (matérias primas amiláceas: grãos e tubérculos, como a mandioca e o milho) e; celulose (matérias primas celulósicas: bagaço de cana, resíduos florestais e biomassa de gramíneas, dentre outros).

Tabela 5. Principais tipos de carboidratos, sua principal fonte fornecedora e a categoria em que são enquadrados.

Fermentabilidade	Tipo de Sacarídeo	Principais fontes
Diretamente Fermentescíveis	<i>Glicose</i>	Polpa de frutas
	<i>Frutose</i>	Polpa de frutas
	<i>Sacarose</i>	Cana de açúcar, beterraba, sorgo sacarino (colmo).
Indiretamente Fermentescíveis	<i>Amido</i>	Mandioca, batata doce, milho, grãos de cereais em geral, babaçu (mesocarpo), batata inglesa, tubérculos em geral.
	<i>Celulose</i>	Madeira, Bagaço de cana, Palha de arroz, casca de amendoim, sabugo de milho.

2.3.1 Açúcar

A cana é composta por aproximadamente 70% de água. 15% de açúcares, 12% de fibras e 3% de cinzas. O açúcar dissolvido no caldo deverá ser extraído para a produção de açúcar e álcool e as fibras irão fornecer energia, através do bagaço que é queimado nas caldeiras (COPERSUCAR, 1999). A Figura 1 mostra o fluxograma resumido do processo produtivo de açúcar, álcool e energia.

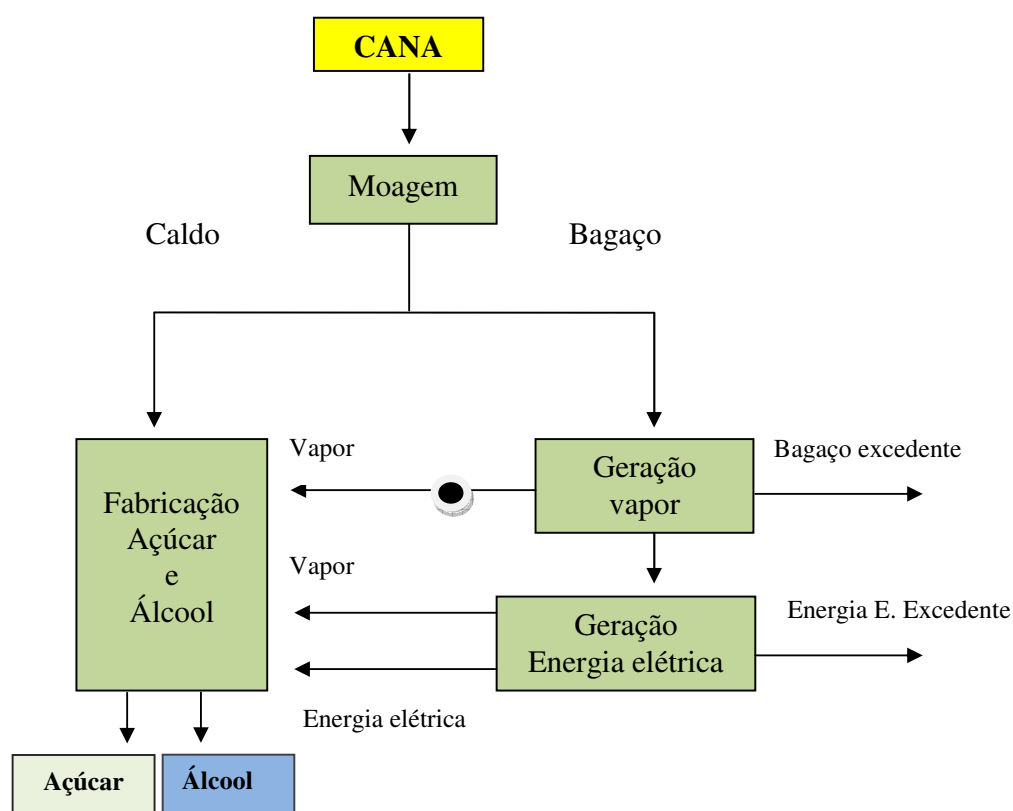
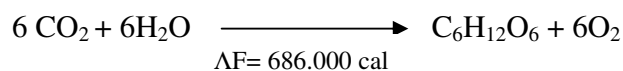


FIGURA 1 Fluxograma resumido do processo produtivo de açúcar, álcool e energia.

O setor sucroalcooleiro faz do Brasil o maior produtor mundial de cana de açúcar e o principal país do mundo em implantar, em larga escala, um combustível renovável alternativo ao petróleo. Na safra 2007/2008, contabilizando até julho de 2008, foram produzidos 22,5 bilhões de litros de álcool, sendo exportados por volta de 3,5 bilhões (CAMPLELO, 2009).

2.3.2 Amido

O amido descrito por Menezes (1980) como energia acumulada pelas plantas principalmente na forma de carboidratos e lipídeos é resultado da fotossíntese, que nas plantas verdes, compreende a síntese dos compostos orgânicos a partir da água e do dióxido de carbono usando a energia fornecida pela luz que é absorvida pela clorofila, como mostra a equação:



È um fenômeno inverso da respiração e, faz parte do ciclo do carbono, pelo qual são geradas as matérias primas das quais dependem direta e indiretamente quase todas as plantas e animais, para o fornecimento de energia às reações metabólicas. Assim a fixação do CO₂ nas plantas pela fotossíntese é a forma pela qual a energia se armazena formando o carboidrato a partir do qual, e juntamente com os outros nutrientes do solo, se formam todos os compostos orgânicos da planta; as plantas que tem maior capacidade de acumular essa energia apresentando maior valor de carboidratos são as que devem ser consideradas para o seu aproveitamento como matéria prima na produção de álcool.

Sendo as principais fontes de amido comercial no mundo o milho, o arroz, o trigo e a mandioca (LEONEL et al., 2002). O amido constitui-se em grânulos compactados de amilose e amilopectina. O teor de amilose difere segundo as variedades de mandioca, porém pode estar entre 15, 35 e 30% (VELIKAYA et al., 1971).

A amilose é um polissacarídeo composto de unidades de glicose unidas em longas cadeias predominantemente lineares através de ligações α 1-4 durante a distensão de sua estrutura helicoidal não ramificada apresenta a propriedade de absorver até 25 vezes seu peso em água. Em presença de iodo colore-se de azul intenso.

A amilopectina é formada por unidades de glicose com ligações α 1-4 nas porções retilíneas e apresenta ramificações devidas á presença de ligações α 1-6 entre as cadeias de glicose. Produz coloração avermelhada em presença com iodo. De cada 20 a 30

moléculas de glicose, ocorre um ponto de ramificação, essa característica a torna menos susceptível que a amilose á ação de enzimas, o que é fator importante para explicar a ação de enzimas sobre o amido e sua aplicação em processos industriais.

As características físico-químicas do amido presente no milho, na cevada, no trigo e nas tuberosas amiláceas como a mandioca entre outras, permitem visualizar estas culturas como matéria prima para produção de álcool.

No Brasil a produção de álcool é tradicionalmente baseada na cultura da cana de açúcar, mas as necessidades energéticas no mundo viabilizam a produção de álcool a partir de fontes alternativas como a mandioca (FAO, 2009), ao contrário da cana-de-açúcar, uma gramínea forrageira que só produz em ciclos de seis meses, a mandioca pode ser produzida o ano inteiro. “Outra vantagem da raiz sobre a cana-de-açúcar é a grande diversidade genética da planta, que foi gerada e domesticada no Brasil e que tem como ‘berço’ a Amazônia” (PEDUZZI, 2009).

Os Estados Unidos destacam-se pelo crescente desenvolvimento de tecnologias que permitem aperfeiçoar os processos de produção de álcool a partir de milho.

Já países como a China estão começando a investir em pesquisas que permitam desenvolver processos com outras matérias primas como a batata doce, mandioca e sorgo entre outras. As usinas produtoras de etanol têm um prazo de cinco anos para se adaptar à decisão de banir o álcool de milho, já que o uso do grão na produção do combustível fez a demanda e o preço do milho aumentar; em 2006, o valor médio do quilograma de milho cultivado na China chegou a 1,2 Yuan (R\$ 0,30), um aumento de 3% em relação ao ano anterior (ZHANG, 2003).

O milho ainda é a principal matéria prima do álcool na China, que tendo uma capacidade agrícola limitada e uma grande população, 1,3 bilhões de pessoas, optou por dar prioridade ao uso do milho para a produção de alimentos (ABAM 2007).

2.3.3 Celulose

Em virtude de recente preocupação com a ecologia, no sentido de preservar o meio ambiente contra o despejo de resíduos poluidores, passou-se a motivar o

aproveitamento dos resíduos agro-industriais, constituídos principalmente de carboidratos polimerizados, dos quais a celulose é o mais abundante (MENEZES, 1980).

A natureza estrutural da molécula de celulose como está constituída de unidades D-glicose unidas por ligações tipo β -1,4 altamente ordenadas, confere características estruturais a celulose, tornando difícil a sua separação do complexo lignocelulósico e particularmente ao processo de hidrólise deste polímero. A resistência da celulose a processos de hidrólise é devida muito mais a sua estrutura cristalina do que à existência de ligações tipo β -1,4 glicosídica. As pontes de hidrogeno conferem às cadeias de celulose uma estrutura altamente ordenada e rígida. Algumas regiões menos ordenadas (amorfas) são mais sensíveis à hidrólise, formando micro-cristais que podem ser adicionados a alimentos, aumentando o volume, sem no entanto contribuir para o numero de calorias (BOBBIO & BOBBIO, 1989).

O uso da hidrólise acida (método simples e rápido) em materiais celulósicos como o bagaço, oferece enorme benefício na produção de etanol combustível após sua fermentação. (LARSSON et al., 1999).

2.4. Mandioca como fonte de matéria prima para fabricação de bioetanol

A mandioca (*Manihot esculenta*) ilustrada na Figura 2 é uma planta heliófila, perene, arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas.

A espécie é a única cultivada dentro do gênero *Manihot* e sua alta heterosigose, favorecida pelos cruzamentos naturais intra-específicos, resultou em grande número de variedades com diferentes características morfológicas, permitindo sua adaptação às condições mais variadas de clima e solo, bem como resistência e/ou tolerância a pragas e doenças (LORENZI, 2003). Atualmente, a mandioca é cultivada em muitos países compreendidos por uma extensa faixa do globo terrestre, que vai de 30° de latitude Norte a Sul. Com uma produção mundial de 180 milhões de toneladas anuais, está entre os 10 principais produtos alimentares da humanidade, em volume de produção. Nos trópicos onde é mais cultivada, sua importância cresce significativamente (LORENZI, 2003)



FIGURA 2. Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, a produção mundial de mandioca em 2007 alcançou o volume de 228.138.068 toneladas, destacando-se a Nigéria como o maior produtor do planeta, com 45.750.000 toneladas. O Brasil, com 27.312.946 toneladas, de acordo com os dados FAO (ou 26,5 milhões de toneladas, segundo os números do IBGE), ocupa o 2º lugar do “ranking”. Apesar de ser cultivada em todo o país, a mandioca concentra-se em três Estados, onde estão 50% da produção brasileira: o Pará, que responde por mais de um quinto (20,3%) de toda a produção brasileira, Bahia (16,5%) e Paraná (14,4%).

Da produção mundial, de acordo com números da FAO, mais da metade, 117,8 milhões de toneladas, (51,6% do total de 228,1 milhões de toneladas), é produzida no continente africano, vindo em segundo lugar o continente asiático, com 71,8 milhões.

O continente americano é o 3º produtor mundial com 38,2 milhões de toneladas, dos quais a quase totalidade concentrada na América do Sul e, nesta, a maior parte (27,3 milhões) no Brasil. Além de Nigéria (45,7 milhões de toneladas) e Brasil (27,3 milhões), são grandes produtores de mandioca a Tailândia (26,4 milhões), Indonésia (19,6 milhões), Congo (15 milhões), Gana (9,6 milhões), Vietnã (8,9 milhões), Angola (8,8 milhões), Índia (7,6 milhões), Moçambique (7,3 milhões), Tanzânia (6,6 milhões), Paraguai (5,1 milhões), Uganda (4,4 milhões) e China, com 4,3 milhões de toneladas/ano.

Segundo Embrapa (2006) nos últimos 30 anos, a produção mundial cresceu de 97 milhões para 170 milhões de toneladas de raiz. O continente africano continua sendo o maior produtor, com uma média próxima de 50% da produção total de raízes. A América Latina fica em terceiro lugar, ocupando 20% do mercado e o Brasil é o maior produtor de mandioca do continente. A Tabela 6 mostra o comportamento da produção brasileira de mandioca desde o ano 2004 até o ano de 2007 (AGRIANUAL, 2008).

Tabela 6 Produção de mandioca no Brasil.

Regiões	Toneladas			
	2004	2005	2006	2007
Norte	6.559.895	7.219.321	7.317.827	7.556.146
Nordeste	8.821.452	9.645.562	9.676.228	10.224.862
Sudeste	2.437.717	2.586.626	2.491.650	2.468.363
Sul	4.793.179	5.027.498	5.749.253	5.781.533
C. Oeste	1.314.310	1.393.008	1.478.080	1.477.687
Brasil	23.926.553	25.872.01	26.713.03	27.508.59
		5	8	1

A cultura é desenvolvida por meio de diversos sistemas de produção (manual e mecanizado), desde pequenas áreas, fundamental para a segurança alimentar familiar, até grandes extensões cultivadas por agricultores especializados.

A parte mais importante da planta são as raízes tuberosas, ricas em amido, que são utilizadas na alimentação humana e animal ou como matéria prima para diversas indústrias. A mandioca tem grande número de usos correntes e potenciais, classificados segundo o tipo de raiz em duas grandes categorias: Mandioca de mesa e para a indústria.

2.4.1 Produção de Bioetanol de mandioca

As características físico químicas do amido presente no milho, a cevada, o trigo e as tuberosas amiláceas como a mandioca entre outras, permitem visualizar estas culturas como matéria prima para produção de álcool. No Brasil a produção de álcool é tradicionalmente baseada na cultura da cana de açúcar, mas as necessidades energéticas no mundo viabilizam a produção de álcool a partir de fontes alternativas como a mandioca.

A utilização da mandioca como fonte de carboidratos para produção de etanol sempre foi considerada tomando-se como referencial a cultura da cana de açúcar que lhe concorre com vantagens nada desprezíveis. De um lado uma cultura predominantemente de utilização na alimentação na forma in natura ou como farinha atendendo extensas populações e de outro uma cultura praticada intensivamente para produção de açúcar que suprindo a demanda interna, acessa importantes mercados de exportação (CABELLO, 2005).

O álcool de mandioca já foi produzido no Brasil no período de 1932 a 1945, quando a disponibilidade energética da época da guerra era bastante limitada. Naquele tempo, técnicos já apregoavam a fabricação do álcool carburante, tendo o País produzido 60 milhões de litros anuais de álcool para mistura com gasolina, produção essa que superava à de álcool para bebidas. Para aquela finalidade, operou a Usina de Álcool Motor de Divinópolis do Governo do Estado de Minas Gerais, tendo produzido em 1936, 88.000 litros de álcool neutro 96° GL, que somados à produção do período de 1932 a 1936, atingiu a 856.000 litros. Em Sorocaba SP, uma das destilarias da Sociedade Anônima Indústrias Reunidas do Amido (S.A.I.R.A) fabricava álcool em uma instalação com 40% da capacidade da Usina de Divinópolis. Outras destilarias para álcool de mandioca foram projetadas e algumas instaladas, como a de Macaé no Estado do Rio de Janeiro. (MENEZES, 1980)

De modo geral a produção de álcool a partir de mandioca esta descrita na Figura 3 (MENEZES, 1980):

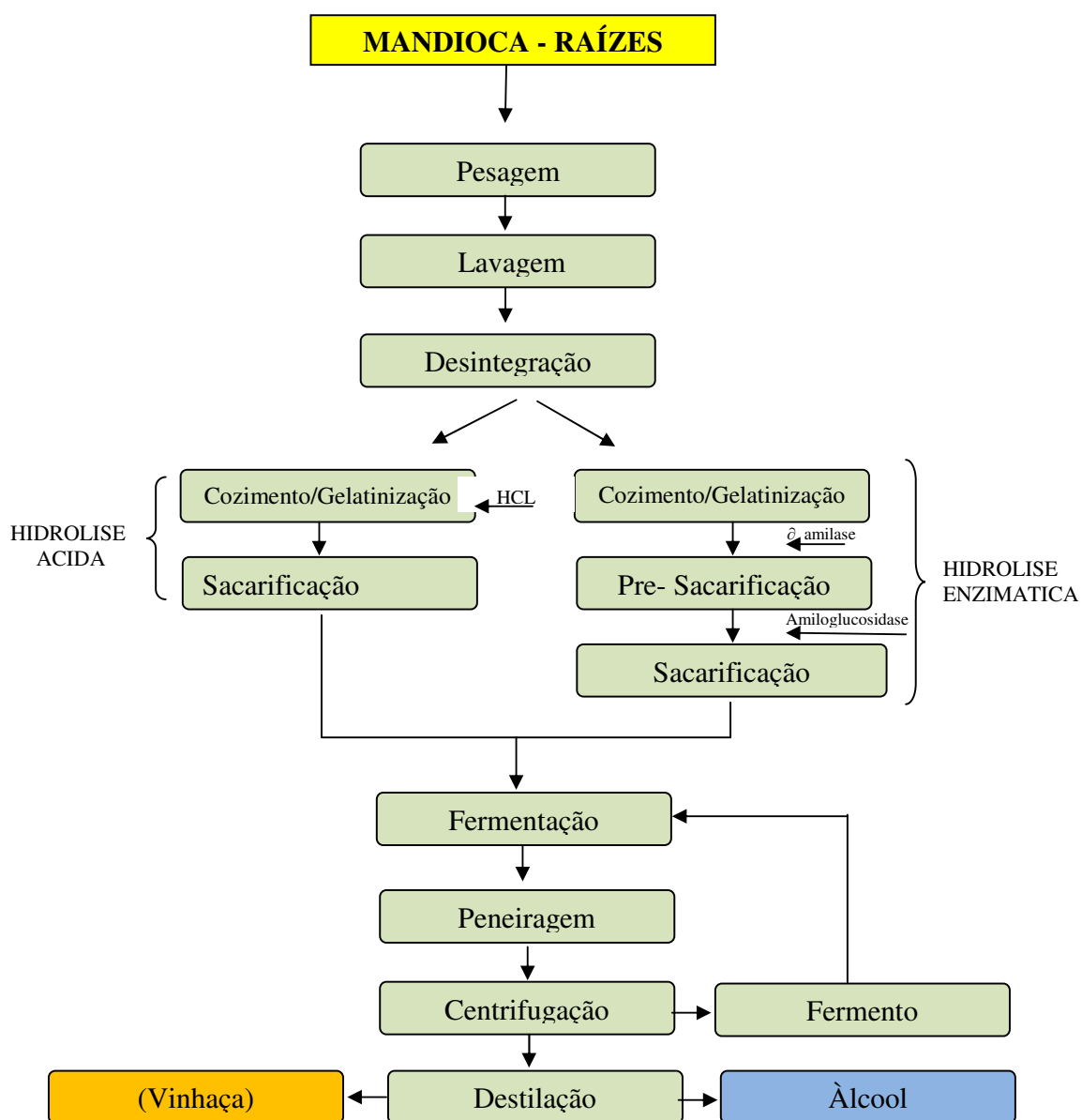


Figura 3. Fluxograma do processamento de mandioca para a produção de álcool.

As operações unitárias do fluxograma da Figura 3 podem ser resumidamente descritos como:

Lavagem As raízes são lavadas geralmente em máquinas lavadoras descontínuas ou intermitentes, para eliminar impurezas que possam interferir no processamento.

Desintegração: Essa operação é realizada em raladores especiais, do tipo utilizado na fabricação de amido ou farinha de mandioca. A finalidade dessa operação é aumentar a superfície de contato da matéria prima, expondo mais facilmente ao calor e aos agentes sacarificantes, de modo a tornar mais eficientes as operações de hidrólises e fermentação.

Cozimento / Gelatinização: Essa operação é feita para liberar os grãos de amido ligados aos compostos lignocelulósicos, facilitando a reação entre os agentes sacarificantes e o amido na etapa seguinte; como resultado do aquecimento o grão de amido absorve água, intumescce, a parede celular se rompe e o amido se gelatiniza. No final desse processo, que tem uma duração de 30 a 60 minutos, a massa torna-se liquefeita pela ação do calor combinado com a α -amilase adicionada.

Sacarificação: O processo da sacarificação é o emprego de um eficiente agente sacarificante e fundamental na fabricação de álcool a partir de substâncias amiláceas, porquanto o amido deve ser desdobrado em açúcares fermentescíveis antes de ser utilizado pela levedura. A sacarificação pode ser realizada pelo processo ácido ou biológico. O processo de hidrólise que emprega ácido sulfúrico ou ácido clorídrico tem desvantagens como baixo rendimento de álcool devido a parcial degradação dos açúcares pelo ácido formando compostos que, além de não serem fermentescíveis, podem inibir a atividade da levedura; ademais o uso freqüente do ácido ocasiona corrosões nos equipamentos e aumenta os riscos de acidentes pelo seu manuseio.

O processo biológico emprega enzimas amilolíticas que podem ser obtidas de várias fontes como malte, farelo de trigo, arroz ou fabricadas por microorganismos. O desdobramento do amido gelatinizado envolve a hidrólise das ligações α 1- 4, que ligam as

moléculas de glicose em longas cadeias e as ligações α 1- 6, que formam os pontos de ramificação do componente amilopectina do amido. A α amilase rompe as ligações α 1- 4, de maneira que se formam pequenas cadeias de dextrose denominadas dextrinas. Isso torna a pasta gelatinizada do amido menos viscosa e fornece um maior numero de terminais de cadeias para a ação das enzimas sacarificantes, nesta fase um 85% do amido e convertido em açucares fermentescíveis. A amiloglucosidase ataca as ligações α 1- 6 das moléculas de maltose, e , em menor grau, as dextrinas formando glicose. Com o trabalho conjunto dessas enzimas é possível hidrolisar completamente a molécula do amido formando açúcares fermentescíveis.

Durante a hidrólise do amido eliminam-se gradualmente as unidades de glicose a extremidade da molécula do substrato. A velocidade de hidrólise depende do tipo (linear ou ramificada) e da extensão da cadeia: as ligações α 1,4 se hidrolisam mais facilmente que as ligações α -1,6, porém a maltotriose, e especialmente a maltose, hidrolisam mais lentamente que os oligosacarídeos. (LEONEL, 1998). A Figura 4 mostra algumas aplicações das enzimas aminolíticas nas transformações do amido (MERCIER & COLONA, 1988)

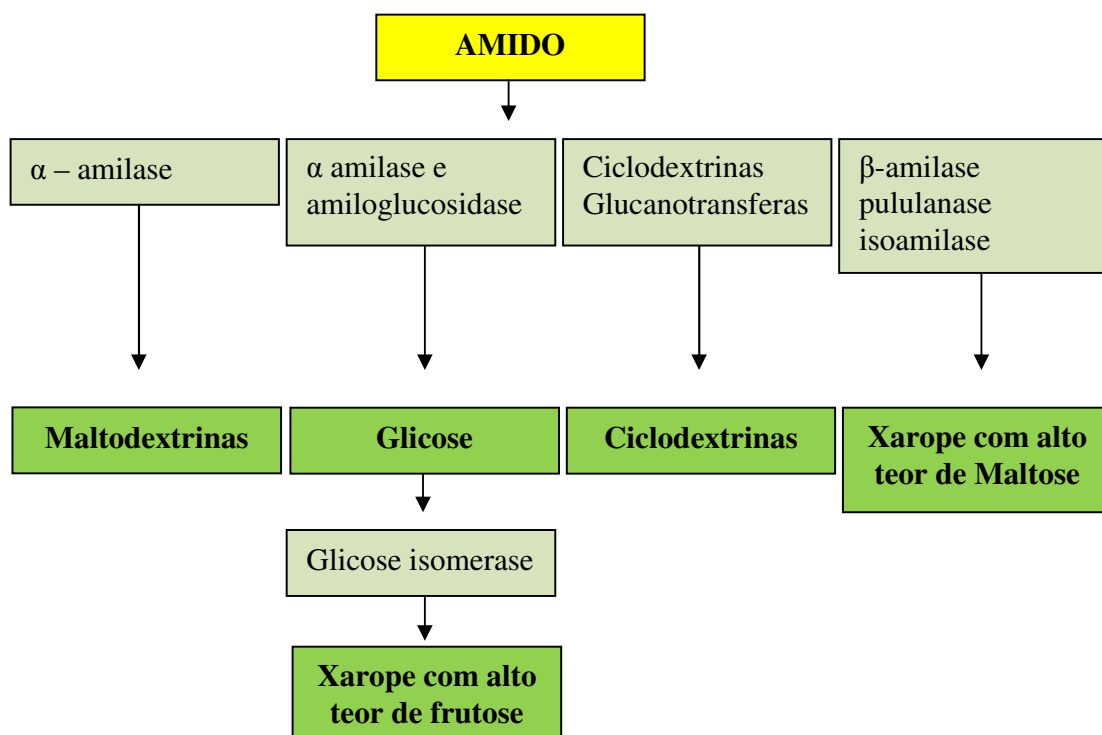


Figura 4. Algumas aplicações das enzimas aminolíticas nas transformações do amido.

A ação sinérgica da α -amilase e amiloglicosidase no processo de hidrólise vêm sendo estudada por diversos pesquisadores em amidos de diferentes origens. (LEONEL, 1998).

Fermentação: Essa etapa se inicia com o preparo do inócuo para multiplicar a levedura *Sacharomyces cerevisiae* até uma quantidade suficiente para se iniciar a fermentação nas dornas. Ao mosto em sacarificação, com 15 a 18% de açúcares totais, adicionam-se, antes de receber o fermento, os macro nutrientes, principalmente sais de nitrogênio e fósforo. O pH deve situar-se entre 4.0 e 5,0.

A fermentação alcoólica é um processo exotérmico, sendo necessário manter a temperatura ao redor de 30 C, que é a temperatura ótima de atividade da levedura, evitando-se perdas de álcool por evaporação. O tempo de fermentação é de cerca de 36 a 48 horas. O processo pode ser por sistema contínuo ou intermitente, no primeiro caso, se alimenta uma dorna como mosto continuamente, obtendo-se um vinho que flui com a mesma vazão, e que é, em seguida, transportado para as torres de destilação.

Esse processo exige cuidados especiais para evitar a contaminação da levedura que prejudicaram toda a operação.

Peneiragem: Concluída a fermentação o vinho passa por uma peneira para remoção das partículas sólidas, que poderão prejudicar a destilação. Seguido de uma centrifugação para recuperar parte do fermento, que após lavagem, nova centrifugação e desidratação, poderá ser utilizado como suplemento alimentício na alimentação animal; uma parcela menor do fermento centrifugado é conduzida às dornas para iniciar uma nova fermentação.

Destilação: O vinho resultante deverá conter de 7 a 11% de álcool em volume, o qual é separado da mistura hidro-alcoólica pela diferença do ponto de ebulição do álcool e da água. Essa operação é realizada em torres de destilação, empregando-se colunas de baixo grau para obtenção de aguardente e para a obtenção de álcool industrial se submete o destilado a uma

segunda destilação em colunas retificadoras, cuja função é concentrar e purificar o álcool, obtendo-se um teor alcoólico no máximo de 97,2% em volume.

A produção de etanol a partir de amiláceos passa por duas fases, a hidrólise e a fermentação. Muitos dos processos utilizados em nível industrial são ainda segredos comerciais. A tradição brasileira é de produção de álcool de cana de açúcar, mas há produção isolada de álcool a partir de matérias primas amiláceas. (LEONEL, 1998)

Na fermentação de matérias primas amiláceas o processo pode ocorrer simultâneo à etapa de sacarificação denominada SSF (fermentação com simultânea sacarificação) ou então se fermenta o extrato obtido após a hidrólise do amido, o qual ocasiona composição de açúcares variável de acordo com a eficiência dos processos de hidrólise sacarificação. (SANCHEZ & CARDONA, 2008).

2.5 Utilização de resíduos na alimentação de aves

Na avicultura atual, a alimentação representa aproximadamente 70% do custo de produção, sendo, portanto, fator de grande importância e preocupação para os produtores e nutricionistas (DO NASCIMENTO et al., 2005).

A especialização requerida pelas atuais linhagens de frangos de corte deve ser acompanhada por um equilíbrio ideal da dieta, quanto à qualidade da matéria-prima, do aspecto físico da ração e quanto ao atendimento dos requerimentos nutricionais mínimos para o máximo desempenho (TEIXEIRA, 1998).

A demanda cada vez maior de alimentos balanceados utilizados em rações para aves, o alto custo e a crescente utilização desses alimentos para consumo humano são fatores que têm incentivado os pesquisadores à busca por alimentos alternativos, principalmente os substitutos do milho (fonte de energia), como a farinha da mandioca (GUIMARAES et al., 2006).

Atualmente a maior demanda de alimentos para animais é satisfeita numa alta proporção com grãos e diversas fontes protéicas, os países em desenvolvimento não contam com suficientes recursos de produção para satisfazer a demanda e tem que recorrer a

importações cada vez maiores que afetam desfavoravelmente as economias. Por outra parte os grãos continuam sendo vitais para a alimentação humana no terceiro mundo, o que origina uma competência na produção para o consumo humano e o consumo na alimentação animal. Todo o anterior indica a conveniência na busca de alternativas para satisfazer as necessidades alimentícias (BUITRAGO, 1990).

O uso de alimentos não convencionais exige a realização de pesquisas visando à redução do custo das rações e ao bom desempenho dos animais (FRANZOI et al., 1998). Desta maneira, novas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de determinar as melhores opções de utilização de alimentos alternativos energéticos e protéicos, os quais devem propiciar um bom desempenho produtivo e reprodutivo as aves, reduzindo o custo de alimentação e resultando conseqüentemente em maior lucratividade ao produtor.

A demanda cada vez maior de alimentos balanceados utilizados em rações para aves, o alto custo e a crescente utilização desses alimentos para consumo humano são fatores que têm incentivado os pesquisadores à busca por alimentos alternativos, principalmente os substitutos do milho (fonte de energia) (BUITRAGO, 1990).

2.5.1. Energia em frangos de engorde.

O animal consome alimento em grande parte para satisfazer uma necessidade interior de energia, não é possível expressar o requerimento energético com um número específico de kilocalorias por quilograma; em troca, o requerimento energético teria que ser expressado em o número de kilocalorias de energia metabolizável da energia requerida por animal por dia para desenvolvimento e crescimento normal.(YOUNG, 1978).

A energia é armazenada nos carboidratos, gorduras e proteínas de sementes. Esta energia vem originalmente do sol e é inicialmente armazenada nas plantas como resultado da fotossíntese; todos os materiais que contêm carbono e hidrogeno em formas que podem ser oxidadas a dióxido de carbono e o água representam energia potencial para os animais.

A percentagem da energia bruta que pode ser tomada pelo corpo do animal e utilizada para apoiar os processos metabólicos e depende da habilidade do animal

para digerir os alimentos, a digestão representa os processos físicos e químicos que tem lugar no trato gastrointestinal é o resultado de romper os compostos químicos complexos em moléculas menores que podem ser absorvidas e utilizadas pelo animal, esta energia absorvida é termo digestível, as perdas mais significativas de energia ocorrem na urina na forma de resíduo nitrogenado e outros compostos não oxidados pelo corpo do animal; quando a energia digestível é corrigida para estas perdas o resultante é chamado valor de energia metabolizável do alimento. (YOUNG, 1976).

Durante o metabolismo do nutriente, ocorrem perdas de energia por incremento de calor, o restante de energia contida no alimento disponível para o animal é utilizado para manutenção e para propósitos produtivos, é chamado energia neta.

A relação entre as várias medidas do valor de energia alimentar é mostrada na Figura 5. (YOUNG, 1976).

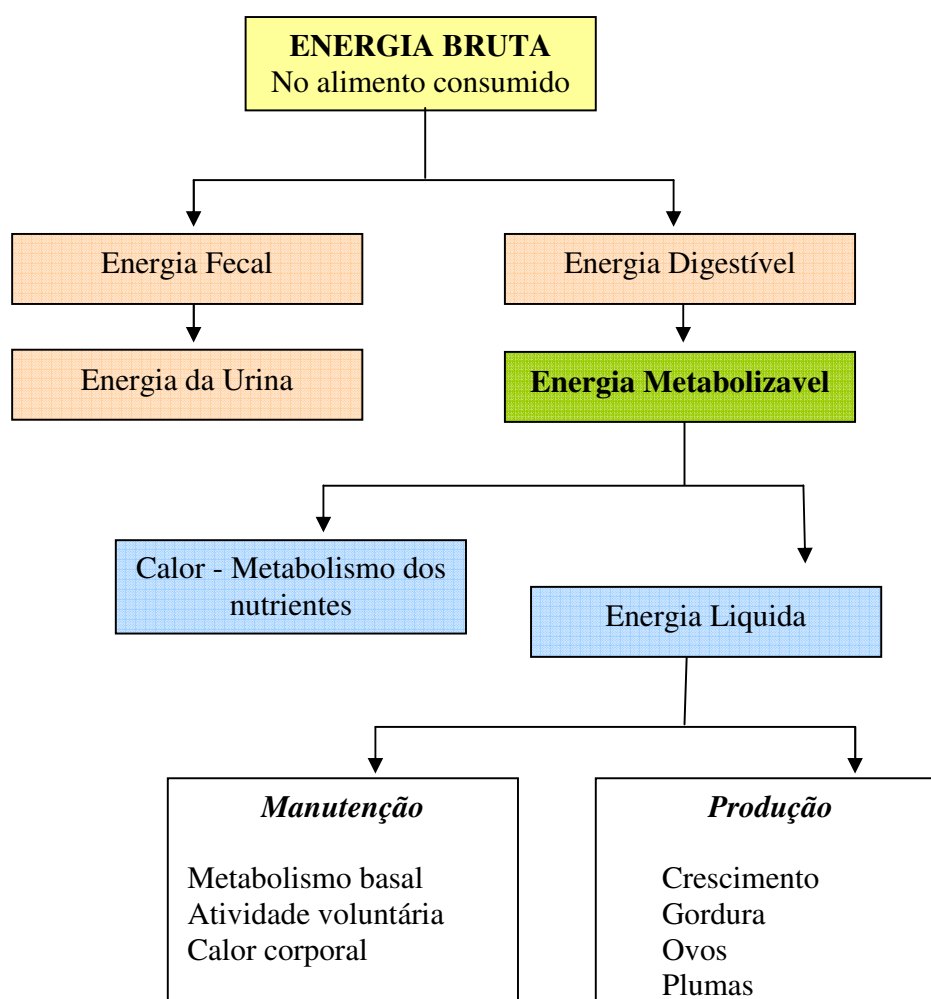


Figura 5. Utilização e distribuição de energia consumida por o frango.

O maior desafio da nutrição inicial em aves, considerando-se a digestibilidade dos nutrientes, parece ser a mudança no tipo de nutrientes fornecidos, que passam de exclusivamente proteínas e gorduras do saco vitelino para uma dieta composta predominantemente por carboidratos. (ALVES et al., 2005). A taxa de crescimento inicial da ave pode ser afetada pela quantidade de saco vitelino residual, qualidade e quantidade de alimento e água, nível de enzimas pancreáticas e intestinais, área de superfície do trato gastrointestinal (TGI), transportadores de nutrientes e, principalmente, pela digestibilidade dos nutrientes (DIBNER, 1996).

A energia dietética consumida por um animal pode ser utilizada em três maneiras diferentes: pode fornecer a energia para trabalho, pode ser convertida em calor, ou pode ser armazenada como gordura. O restante de energia metabolizável não pode ser excretado pelo corpo animal. A maior eficiência de nutrição do frango é obtida quando o regime contém a proporção exata de energia e outros nutrientes precisados para produzir o crescimento desejado (YOUNG, 1976).

O aproveitamento de um nutriente pela ave depende da digestão e absorção de macromoléculas, o que requer hidrólise enzimática. A disponibilidade da energia proveniente da metabolização de carboidratos, independentemente de ser proveniente de fonte purificada ou de ingredientes ricos nesse nutriente é altamente dependente da idade, em decorrência do perfil de atividade da amilase no pâncreas e no intestino delgado (AKIBA & MURAKAMI, 1995).

A mandioca é um dos alimentos alternativos utilizados na alimentação animal, e pode gerar vários tipos de subprodutos. Geralmente utiliza-se para as aves, a raspa da raiz integral, que apresenta um nível energético em torno de 3138 Kcal de EM/Kg (ROSTAGNO et al., 2000), podendo desta forma ser utilizada como sucedâneo do milho em rações para aves. (DO NASCIMENTO, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo que a primeira etapa teve como finalidade a adaptação de metodologia adequada para a obtenção dos subprodutos que foram posteriormente caracterizados. A segunda etapa visou o aproveitamento dos subprodutos obtidos e caracterizados na alimentação animal. Foi planejado um ensaio biológico com frangos de corte na fase inicial onde os subprodutos foram incluídos nas dietas ministradas aos animais.

Os experimentos da primeira etapa e as análises laboratoriais foram realizados nos laboratórios do Centro de Raízes e Amidos Tropicais UNESP em Botucatu SP.

Os ensaios com modelo experimental utilizando frangos de corte foram feitos nas instalações do Setor de Avicultura no Departamento de Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, em Botucatu SP.

3.1. Matéria Prima

Foram utilizadas raízes de mandioca da variedade Fécula Branca coletadas no Campo Experimental do CERAT/UNESP em Botucatu. As raízes foram coletadas e processadas num período máximo de 24 horas. Foram feitas análises centesimais das amostras de raízes de mandioca utilizadas no processo de acordo com a metodologia da AOAC, 1990 quanto ao teor de umidade, concentração de matéria graxa, proteínas, fibras totais, teor de cinzas, pH e concentração de açúcares solúveis (SOMOGY, 1945).

a. Teor de umidade

Procedimento: Secar os cadinhos de porcelana em temperatura de 104°C durante no mínimo 1 hora; retirar os cadinhos da estufa e deixar em dessecador para esfriar durante no mínimo ½ hora; pesar os cadinhos vazios e anotar o peso; em cada cadinho pesar aproximadamente 3g de amostra e anotar o peso exato do conjunto; levar os cadinhos à estufa a 104°C durante 8 horas; retirar da estufa e deixar esfriar durante o mínimo ½ hora; pesar e anotar o peso de cada cadinho com amostra seca; retornar os cadinhos à estufa e deixar mais 1 hora; retirar e esfriar em dessecador; pesar novamente; repetir a operação até obter dois pesos constantes.

Calculo: *E.S.T* (Extrato Seco Total)

$$E.S.T = \text{Peso cadinho amostra seca} - \text{Peso cadinho vazio} * 100 / \text{alíquota}$$

$$\% \text{ umidade} = 100 - E.S.T$$

b. Determinação do teor de matéria graxa

Procedimento: Secar os balões de fundo chato em temperatura de 104°C no mínimo por 2 horas, esfriar os balões em dessecador por mínimo ½ hora, pesar e anotar os pesos; pesar aproximadamente 3 g de amostra (anotando a massa exata) em cartucho feito com papel de filtro comum dobrado (fechar a abertura do cartucho com chumaço de algodão), colocar o cartucho dentro de um conjunto extrator de Soxhlet e acoplar os balões de tara conhecida; adicionar sobre os cartuchos cerca de 200 ml de Éter de petróleo ou o suficiente para preencher toda a parte superior do sifão e escorrer para o balão; ligar o aquecedor do extrator e deixar em refluxo durante 6 a 8 horas; retirar os balões do extrator e levar à estufa de secagem com circulação de ar a 10°C por 2 horas, para evaporar todo o Éter; retirar e esfriar em dessecador por no mínimo ½ hora pesar e anotar os pesos.

Calculo: % Matéria Graxa = *M.G* = (Peso balão com resíduo – peso balão)*100 / peso amostra

c. Determinação do teor de proteínas

Procedimento: Pesar entre 0,2 e 0,3 g de amostra em balão de Kjeldahl ou tubo digestor de proteínas, anotando a massa exata; adicionar 5g de mistura digestora de proteínas, adicionar 4ml de ácido sulfúrico concentrado, fazer uma prova em branco, usando a mesma quantidade de mistura digestora de proteína e ácido sulfúrico concentrado, exceto a amostra; colocar os tubos nas cavidades do bloco digestor e ligá-lo; ligar a exaustão de gases da capela e aumentar gradativamente a temperatura do bloco digestor, deixar digerir em bloco digestor dentro da capela com o sistema de exaustão ligado até que o líquido esteja límpido (azul claro ou incolor); desligar o aquecimento do bloco digestor e aguardar até parar o desprendimento de gases, desligar o exaustor de gases. (repetir esta operação), transferir o produto da digestão para o tubo destilador, com auxílio de água destilada (material tem q estar frio), pipetar 10 ml da solução receptora para proteínas e transferir para um erlenmeyer de 125 ml; adaptar o erlenmeyer à saída do condensador da saída do condensador do aparelho de destilação de maneira q sua extremidade fique mergulhada na solução de ácido bórico, transferir para o reservatório do aparelho de destilação de micro-Kjendhal aproximadamente 30 ml de hidróxido de sódio, ajustar nível de água e destilar 75 ml; titular até a viragem da cor verde para a cor rosa, anotar volumem gasto.

Calculo: % Nitrogênio = $(V - A) * 0,00014 * 100 / P$

Proteína Bruta = % N * 6,25

A = Volume gasto na titulação da prova em branco

V = Volume gasto na titulação da amostra

P = Peso inicial da amostra.

d. Determinação do teor de fibras

Procedimento: Pesar de 2 a 5 g de amostra, anotando massa exata; transferir para o tubo digestor de fibras, acrescentar 200 ml de solução de H₂SO₄ a 1,25% medidos em proveta de 250 ml; levar a ebulição branda por 30 minutos, retirar do bloco de aquecimento e filtrar em papel filtro qualitativo simples; lavar o material que ficou retido no papel com cerca de 500 ml de água destilada quente; transferir o material retido e lavado para o mesmo tubo de digestão usado anteriormente, com ajuda de 200 ml de solução de NaOH 1,25%, medidos em uma proveta de 250ml; levar a ebulição branda por 30 minutos; retirar do bloco de aquecimento e filtrar em papel filtro qualitativo simples previamente seco em estufa a 105°C por pelo menos uma hora, retirado em dessecador pelo menos por 2 horas para esfriar e tarado; lavar o material que ficou retido no papel com cerca de 500 ml de água destilada quente; dobrar o papel mais os resíduos da amostra cuidadosamente; colocar dentro de uma placa de petri ou vidro relógio; levar a estufa a 105°C ate secagem completa (mínimo 8 horas); retirar da estufa, colocar em dessecador por mínimo ½ hora; pesar o papel com o resíduo seco e anotar o peso.

Calculo: Fibra alimentar Bruta = FB

FB %= papel com resíduo seco (g) – peso do papel * 100 /massa amostra.

e. Determinação do teor de cinzas

Procedimento: Calcinar os cadinhos de porcelana limpos e vazios, em mufla sob temperatura de 500°C durante mínimo uma hora; baixar a temperatura a 200°C; retirar os cadinhos da mufla e deixar esfriando em dessecador, pesar e anotar; em cada cadinho pesar 3 g de amostra e anotar o peso exato do conjunto; levar a mufla a cerca de 100°C e programar para aquecer de 100 em 100°C ate atingir 400°C mantendo a porta semi-aberta para a saída dos gases; fechar a porta e levar a 550°C, deixar calcinando por 2 horas; desligar a mufla, deixar sua porta entreaberta e aguardar o resfriamento até próximo a 200°C; retirar os cadinhos da mufla e esfriar em dessecador; pesar e anotar o peso dos cadinhos após a calcinação.

Calculo: % Cinzas = Peso cadinho com cinzas – peso cadinho vazio *100/aliquota

f. Determinação de pH

Procedimento: Pesar 2,5 gramas de amostra em um Becker de 250 ml; adicionar 100 ml de água destilada, agitar em agitador magnético durante 30 minutos, deixar em repouso por 10 minutos; decantar o líquido sobrenadante para um frasco seco e imediatamente determinar o pH inserindo o eletrodo do pHmetro na amostra e girando o botão SBT na posição pH e esperando estabilizar o *display*.

g. Determinação de açúcares totais

Procedimento: Pesar próximo de 1g de amostra em um erlenmeyer anotando sua massa exata; preparar uma prova em branco em outro erlenmeyer com todos os reagentes exceto a amostra; adicionar 50 ml de água destilada, levar a banho de aquecimento a 65°C durante 30 minutos com agitação constante; retirar do banho e resfriar até temperatura ambiente; transferir quantitativamente para um balão volumétrico de 100 ml, completar o volume com água destilada e homogeneizar; filtrar em papel de filtro simples, recebendo o filtrado em Becker; determinar o teor de açúcares redutores expressos como % de glicose, segundo o método de Somogy e Nelson da seguinte maneira:

Pipetar 1 ml da solução da amostra diluída e transferir para um tubo de ensaio, acrescentar 1 ml do reativo de Somogy, tampar com bolinhas de vidro; levar no banho Maria com água em ebulição por 10 minutos; retirar do banho e esfriar até temperatura ambiente; acrescentar 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada; homogeneizar em agitador de tubos Vortex; fazer a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm, zerando com 1ml de água destilada.

Calculo: % Somogy Nelson = $A \cdot K \cdot 100 / \mu\text{g}$

A = absorbância da amostra a 535 nm.;

K = Constante curva padrão de glicose

μg = massa da amostra, em microgramas presente na alíquota da reação.

3.2 Processamento

O processamento das raízes seguiu o fluxograma mostrado na Figura 6 que descreve as operações realizadas no desenvolvimento dos ensaios para obtenção dos subprodutos sólidos provenientes da fabricação de álcool a partir de mandioca:

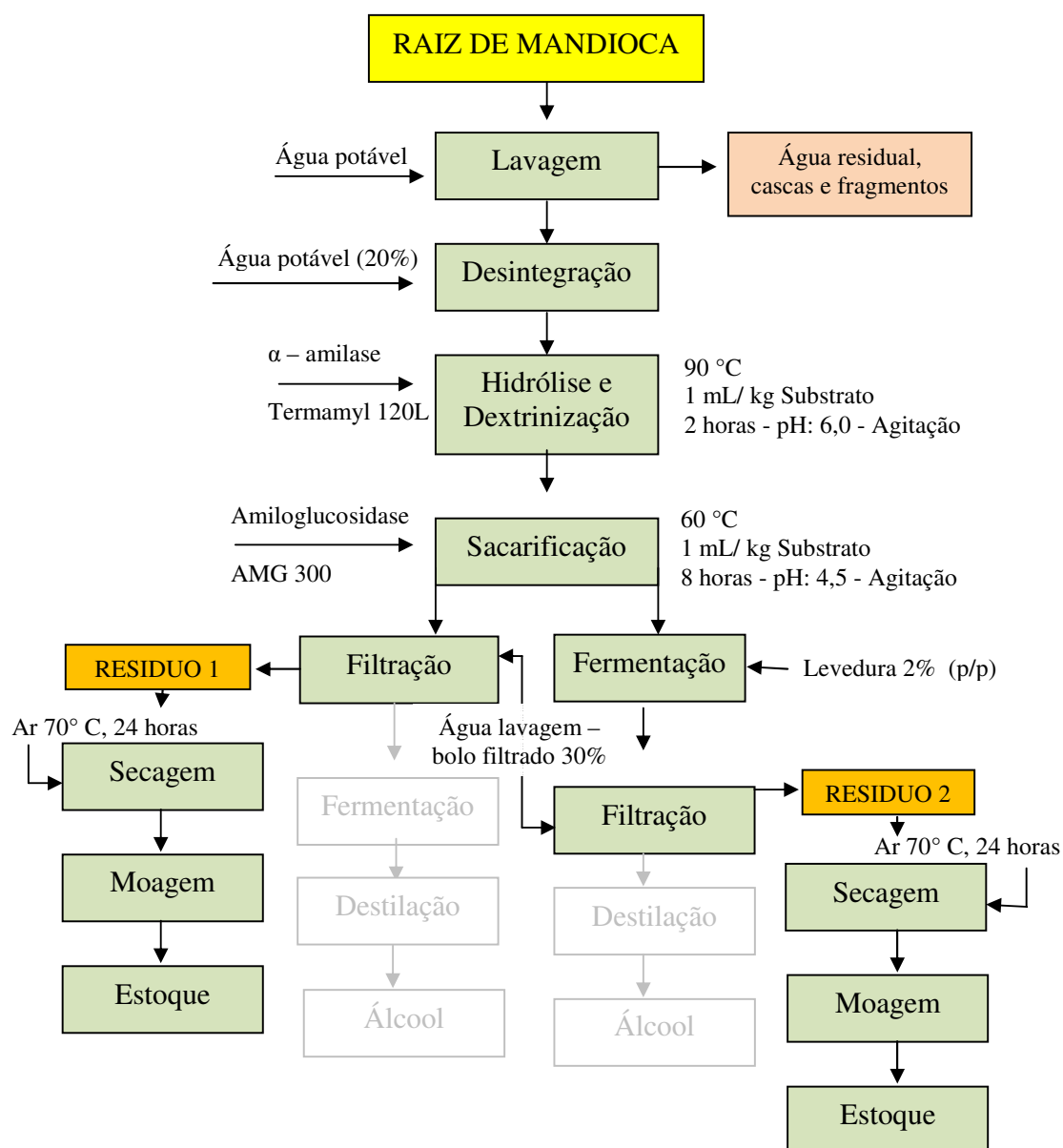


Figura 6. Fluxograma dos processos realizados para obtenção de dois tipos de resíduos provenientes do processamento das raízes de mandioca.

3.2.1 Procedimentos Experimentais:

a. Lavagem

As raízes foram lavadas em uma máquina lavadora descontínua ilustrada na Figura 7 com o objetivo de retirar as impurezas, película externa e eliminar os restos de sílica presentes. Cada batelada produzia 40 kg de raízes limpas.



Figura 7. Lavador-Descascador de raízes de mandioca com acionamento elétrico.

b. Desintegração

As raízes livres de impurezas foram desintegradas em um desintegrador piloto da marca Paranaíba Máquinas ilustrado na Figura 8. Para produzir a polpa aumentando as características de escoamento da polpa, foi adicionado 20% de água potável durante a moagem das raízes.



Figura 8. Desintegrador para raízes tipo sevadeira em aço inox para produção de polpas.

c. Reação de hidrólise e sacarificação

Etapa realizada em reatores locados no Laboratório de Processos do CERAT/UNESP. Foi feita hidrólise e sacarificação por via enzimática usando as enzimas α amilase e amiloglucosidase de nomes comerciais Termamyl 120L e AMG 300L respectivamente, sendo realizadas no mesmo reator com agitação.

Depois de selecionar a metodologia adequada ao tipo de matéria prima selecionada foi usado um reator de 80 litros ilustrado igualmente na Figura 9 objetivando a produção dos resíduos posteriormente usados nos experimentos com frango de corte. O reator de maior volume foi utilizado também para realizar os processos de fermentação.



FIGURA 9. Reatores agitados, construídos com aço inox tendo volume de 15 e 80 litros respectivamente.

Com a polpa produzida no desintegrador foi adicionada água potável para ajuste da concentração do amido em 20%. Em cada ensaio, as suspensões foram colocadas no reator e a seguir adicionada a enzima α -amilase, ajustando o pH em 6,0 e submetida a um aumento de temperatura a 90 °C em agitação por duas horas. Após este tempo, o sistema de resfriamento do reator era acionado para diminuir a temperatura do hidrolisado a 60 °C. O pH

do hidrolisado foi abaixado para 4,5 com adição de ácido clorídrico e foi adicionada a enzima amiloglucosidase ficando em agitação por 24 horas. O processo de sacarificação foi acompanhado com avaliação pelo método de glicose oxidase no hidrolisado, nos tempos de 0, 12, 16, 18 e 24 horas.

Foi calculado o rendimento do processo de hidrólise e selecionado o tempo que foi usado na produção dos subprodutos na etapa posterior.

$$\text{Rend (\%)} = [\text{conc. açúcar no hidrolisado} / \text{conc. amido no farelo}] * 100$$

O rendimento do processo de hidrólise é definido como a porcentagem de amido que foi removido do farelo e transformado em glicose. Considerando a utilização de um fator de conversão de 90%, assume-se que 100,0 g de amido produz 100,0 g de glicose. (SAITO, 2005).

d. Fermentação

Foi adicionada água potável ao hidrolisado após a sacarificação até ajuste do teor de sólido atingir 16° Brix avaliado a través de refratômetro portátil marca ATAGO.

Após o ajuste foi adicionado levedura desidratada da cepa Y-904 fabricada pela MAURI DO BRASIL S.A na proporção de 2% em peso sobre o volume do hidrolisado. A seguir o mosto ficou em fermentação por 18 horas quando a produção de gás praticamente não ocorria indicando o término do processo.

A temperatura inicial do mosto de 25 a 28 °C atingia o valor máximo de 33 °C ao final da fermentação.

e. Filtração

Tanto o resíduo retirado nos ensaios antes do processo de fermentação quanto aqueles retirados após o processo foram separados por filtração em tela de inox seguido de permeação em tecido de algodão e prensagem manual.

f. Secagem

Os resíduos produzidos foram dispostos em bandejas plásticas e depois em estufa de circulação de ar a 70°C por 48 horas, sendo que a disposição do material e a estufa utilizada são ilustrados na Figura 10.



FIGURA 10. Amostras dos resíduos de raízes de mandioca filtrados e dispostos em bandejas para secagem.

3.3. Análises dos resíduos

Os subprodutos foram caracterizados de acordo com a metodologia da AOAC, 1990 quanto ao teor de umidade, concentração de matéria graxa, proteínas, fibras totais, teor de cinzas, pH e concentração de açúcares solúveis (SOMOGY, 1945).

Determinação da concentração de amido no resíduo sólido

Uma amostra do subproduto foi seca em temperatura de 60° C e posteriormente moída e peneirada em malha 0,25 mm. Foi tomada uma amostra de 300 mg, colocada em elermeyer de 250 mL. Adicionou se 42 mL de água destilada e 1 mL de solução comercial de α -amilase, TERMAMYL 120L da Novo Nordisk que foi previamente preparada com a diluição em água destilada deionizada. Após homogeneização o elermeyer foi colocado no banho maria com agitação suave e sob temperatura de 90°C durante 20 minutos. Ao frasco foram adicionados 5 mL de solução de enzima amiloglucosidase que foi previamente preparada com a diluição de 10 mg em 1 mL de água destilada e deionizada com 5 mL de

solução de enzima AMG 400 da novo Nordisk. Cada mL desta solução possui 400 AGU (unidade enzimática estabelecida pelo fabricante) e colocados em banho maria sob agitação por mais 55 minutos. A amostra foi retirada, resfriada em temperatura ambiente e transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 250 mL sendo completado com água destilada.

Transferiu-se uma alíquota de 5 mL da solução diluída para um balão volumétrico de 100 mL adicionando aproximadamente 50 mL de água e neutralizando com solução de hidróxido de sódio 2N até pH 7 e posteriormente completando seu volume com água destilada. A seguir filtrou se com papel de filtro quantitativo, recebendo o filtrado em um Becker de 100 mL. Do material filtrado foi feita a dosagem de açúcar redutor (AR) conforme método de Somogy e Nelson (1945)

$$\% \text{ amido (base úmida)} = \% \text{ AR} - \% \text{ de solúveis totais} / \text{peso amostra}$$

3.4 Análises microscópicas

As análises microscópicas das amostras dos subprodutos do processo de fabricação de álcool a partir de mandioca, foram realizadas num microscópio óptico de marca Carl Zeis, modelo Axioskop 2 plus de objetiva Ph 1 Plan – Neofluar 10x / 0,30 ∞ / 0,17. O preparo das amostras foi a fresco, diluindo as amostras dos subprodutos em água e glicerina 50%, sendo os campos mais representativos fotografados.

3.5. Determinação de porcentagem de resíduo sólido produzido.

Foram tomadas amostras tanto da matéria prima (raízes de mandioca) quanto dos resíduos produzidos nos processos; as amostras foram levadas a estufa a 70° C com circulação de ar por 48 horas para retirar a umidade. A porcentagem de geração de resíduos nos dois procedimentos estudados foi determinada por meio das seguintes equações:

$$Y1 = \text{Resíduo tipo 1} \text{ *(b.s) / Raízes de mandioca (b.s)}$$

$$Y2 = \text{Resíduo tipo 2} \text{ ** (b.s) / Raízes de mandioca (b.s)}$$

* Resíduo tipo 1: Bolo filtrado a partir do hidrolisado após sacarificação

** Resíduo tipo 2 : Bolo filtrado a partir de vinho fermentado do hidrolisado

3.6. Ensaio Experimental

Os experimentos foram realizados nas instalações do Setor de Avicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, situado no Campus Lajeado, em Botucatu - SP.

O período total dos experimentos foi de 21 dias (3 de Abril de 2009 a 24 de Abril de 2009). Foram utilizados 120 pintos com 1 dia de idade da linhagem Cobb em cada experimento, locados em gaiolas ilustradas na Figura 11.



Figura 11. Modelo de gaiola utilizada.

Cada experimento foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos (0, 5, 10, e 15% de inclusão de resíduo na ração) e cinco repetições de seis aves por parcela.

As rações foram isoenergéticas (3.000 kcal de EM/kg), isoprotéicas (21,0% de PB), isocálcicas (1,0% de cálcio) e isofosfóricas (0,45% de fósforo disponível). Os valores de energia metabolizável dos resíduos foram calculados de acordo com TEXEIRA (2001), calculado-se inicialmente os extrativos não nitrogenados das amostras, a seguir sua energia bruta e posteriormente estimando-se sua energia metabolizável.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja de acordo com as recomendações de ROSTAGNO (2005) variando a inclusão dos resíduos. A Tabela 7 ilustra a disposição dos tratamentos usados nos experimentos.

A composição percentual e os níveis nutricionais das dietas que constituíram os tratamentos durante o período experimental são apresentados nas Tabelas 10 e 11, no capítulo de Resultados e Discussão.

Tabela 7. Tratamentos experimentais.

Experimento	Tratamento	Inclusão %	Tipo de resíduo
1	1	5	Mandioca hidrolisada
	2	10	
	3	15	
	4 - Controle	0	
2	5	5	Mandioca fermentada
	6	10	
	7	15	
	8 - Controle	0	

Na avaliação do desempenho das aves, coletaram-se os dados relativos à pesagem da ração e das aves de cada repetição (6 animais) a cada sete dias e anotadas, inclusive, as mortes ocorridas naquele período, data e peso. Através dos dados foram calculados o Consumo de Ração (CR), Ganho de Peso (GP) e a Conversão Alimentar (CA) para cada lote. Esses índices foram utilizados para se avaliar os efeitos da adição dos resíduos sobre o desempenho das aves.

Os resultados aos 21 dias foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se quando cabível a análise de regressão pelo pacote computacional Sisvar (FERREIRA, 1998)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Matéria-Prima

A Tabela 8 apresenta os resultados da análise centesimal da mandioca-raiz da variedade Fécula Branca, utilizada como matéria-prima na fabricação de bioetanol.

Tabela 8 Análise físicoquímica das amostras de raiz de mandioca da variedade Fécula branca.

CARACTERÍSTICA	Valor %
Umidade %	63,00
Amido %	32,00
Fibra %	1,50
Lipídeos %	0,10
AR * %	2,00
Cinzas %	0,50
Proteína %	0,60
Acidez [ml/100 ml]	0.70
pH	6,00

*Açúcar Redutor

4.2 Resíduos

4.2.1 Composição

A composição nutricional de cada um dos resíduos analisados pode ser observada na Tabela 9. A técnica de extração com pano mostra um melhor aproveitamento dos conteúdos de nutrientes nos resíduos principalmente de carboidratos na forma de açúcar e amido. Os valores apresentados mostram que os subprodutos resultantes da hidrólise e da fermentação tem composição muito semelhantes. Com relação ao aspecto nutricional os resíduos apresentam teores entre 39 e 41% de fibra, 0,5% de lipídeos, 20 e 30% de carboidratos, 0,5 e 1,50 de proteína, 6 e 8 % de acidez e, 20 e 30% de sólidos solúveis.

NUNES (2008) afirma que o farelo da raiz da mandioca apresenta elevado conteúdo energético, constituindo-se em importante alternativa alimentar para frangos de corte, em função de a energia ser o componente quantitativamente mais importante das rações para essas aves. Entretanto, apresenta quantidade mínima de proteína, valor esse que deve ser considerado e ajustado em uma formulação de ração.

Segundo Sousa & Fialho (2005) e Rostagno et al. (2005), a raiz de mandioca quando desidratada, apresenta valores respectivamente de 3.200 a 3.600 e 2973 kcal/kg de energia metabolizável aparente. O valor encontrado na atual pesquisa foi de apenas 2290,7 kcal/kg para o resíduo hidrolisado e de 2226,2 kcal/kg para o resíduo fermentado. As diferenças de resultados experimentais acima citados podem ser justificadas pelas diferentes culturas de mandioca utilizadas, e formas de processamento.

Os resíduos da produção de álcool a partir de mandioca possuem alto percentual de fibra bruta, que possivelmente reflete no conteúdo energético dos farelos, provocando diluição na energia metabolizável, uma vez que, no trato digestório das aves não há secreção endógena de enzimas que atuam sobre as ligações β presentes nos polissacarídeos contidos na fração fibrosa da matéria seca. (PEREIRA, 2009)

TABELA 9. Análise físico-químico dos resíduos sólidos do processo de fabricação de álcool a partir de mandioca; Resíduo 1 = resíduo do hidrolisado; Resíduo 2 = resíduo do fermentado.

CARACTERÍSTICA	Valor %	
	Resíduo 1	Resíduo 2
Amido	3,50	4,02
Fibra	39,00	41,00
Lipídeos	0,54	0,52
AR*	25,40	15,50
Cinzas	3,70	3,50
Proteína	0,59	1,56
Sólidos Solúveis	19,27	27,90
Acidez [ml/100ml]	8,00	6,00
EM ** Kcal /kg	2290,7	2226,2
pH	6,3	5,0

*Açúcar Redutor; ** Energia Metabolizável.

4.2.2 Microscopia

Através da análise microscópica dos subprodutos resultantes dos processos de hidrólise-sacarificação e hidrólise-sacarificação -fermentação apresentada nas Figuras 12 e 13, foi possível confirmar que houve uma hidrólise completa dos grânulos de amido; no subproduto fermentado destaca-se a presença de algumas leveduras; a célula de levedura de parede celular do *Saccharomyces cerevisiae* possui a particularidade de impedir cepas patogênicas de bactérias de se estabelecerem no intestino dos frangos. A superfície das leveduras contém moléculas de carboidratos complexos, que interferem na habilidade das bactérias de se aderirem à parede intestinal dos frangos, e por um processo de exclusão competitiva, impedem que as mesmas se instalem no trato intestinal (GRIGOLETTI, C. et. al., 2002).

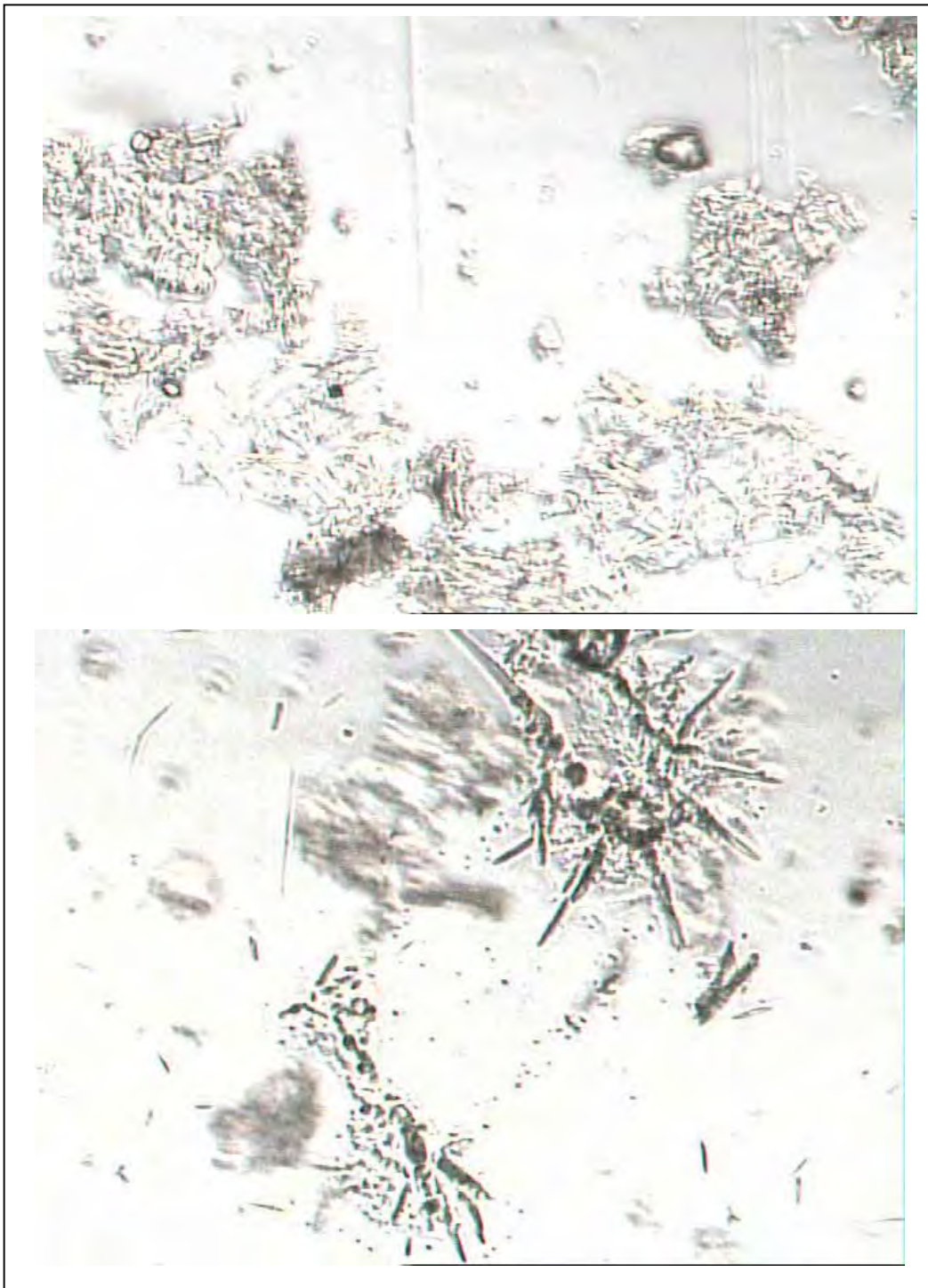


Figura 12. Caracterização microscópica dos subprodutos da hidrolise-sacarificação da mandioca no processo de fabricação de álcool.

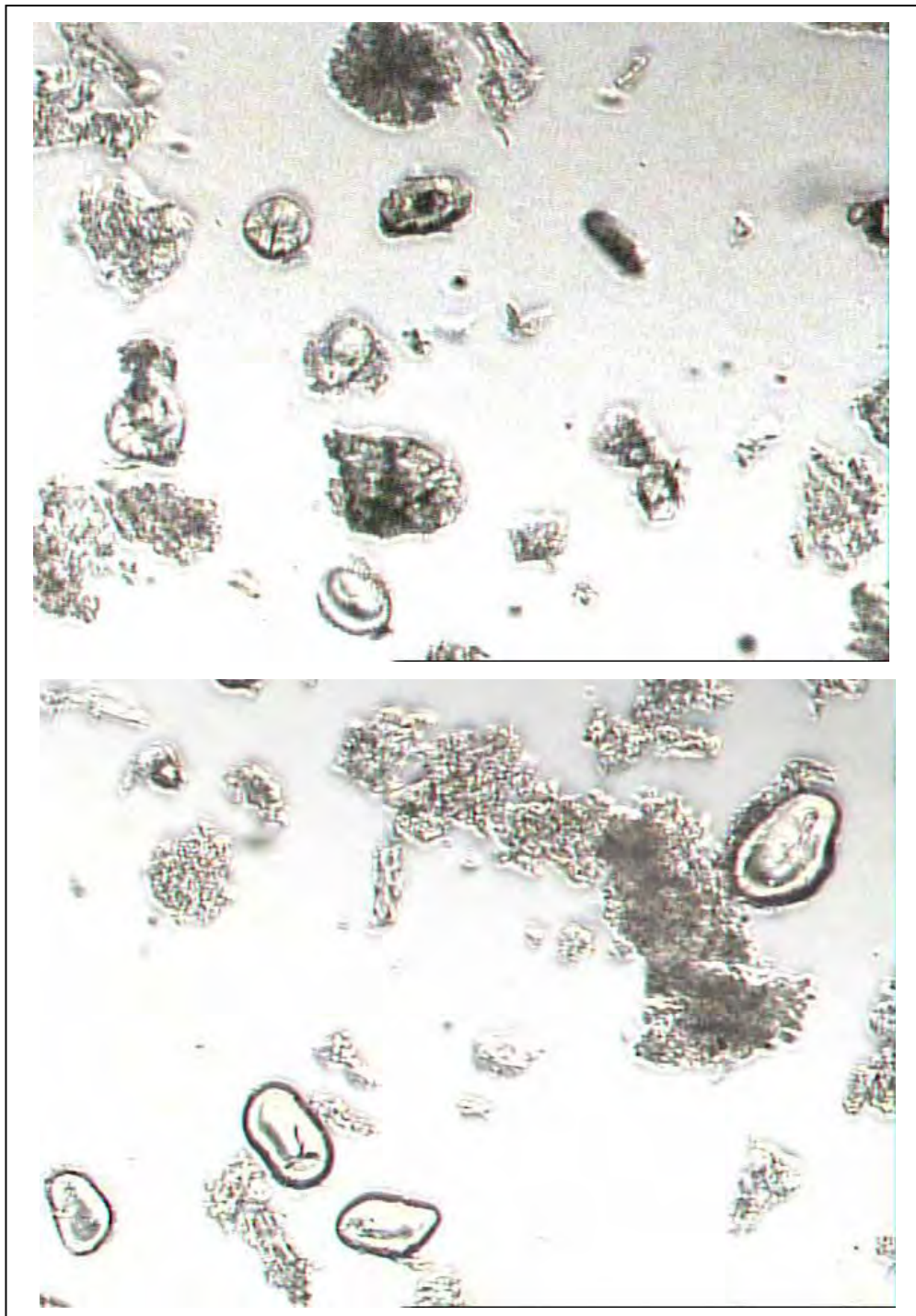


Figura 13. Caracterização microscópica dos subprodutos da hidrolise-sacarificação e fermentação da mandioca no processo de fabricação de álcool.

4.2.3 Formulação de dietas para frango de engorde

Os valores nutricionais dos resíduos do processo de fabricação de álcool a partir de mandioca foram satisfatórios para utilização em dietas para frango de corte (fase inicial, 21 dias). A formulação das dietas com inclusão dos resíduos é ilustrado nas Tabelas 10 e 11.

TABELA 10. Composição percentual das dietas formuladas com inclusões de resíduo de mandioca hidrolisado para frangos de corte em fase inicial e composição nutricional calculada.

Alimentos	Ração Inicial – Inclusão de resíduo de mandioca hidrolisado			
	<i>Tratamento 1</i>	<i>Tratamento 2</i>	<i>Tratamento 3</i>	<i>Tratamento 4 – controle</i>
Milho	55,204	47,641	40,077	62,736
Soja	34,810	36,135	37,461	33,491
Óleo	1,222	2,455	3,687	0,000
Fosfato bicálcico	1,836	1,855	1,874	1,817
Calcário	1,085	1,068	1,050	1,102
Sal	0,400	0,400	0,400	0,400
Suplemento min*.	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vit.**	0,100	0,100	0,100	0,100
Metionina	0,232	0,236	0,241	0,228
Resíduo hidrolisado	5,000	10,000	15,000	0,000
<i>Níveis Nutricionais</i>				
PB (%)	21,00	21,00	21,00	21,00
Ca (%)	1,00	1,00	1,00	1,00
P Disp (%)	0,45	0,45	0,45	0,45
EMA (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000
Met (%)%	0,55	0,55	0,55	0,55
Tre (%)	0,80	0,79	0,79	0,80
Trip (%)	0,25	0,26	0,26	0,25
Lis (%)	1,03	1,11	1,13	1,10

*Suplemento Mineral e** Vitamínico composição: Fase pré-inicial e inicial

TABELA 11. Composição percentual das dietas formuladas com inclusões de resíduo de mandioca fermentado para frangos de corte em fase inicial e composição nutricional calculada.

Alimentos	Ração Inicial – Inclusão de resíduo de mandioca hidrolisado			
	<i>Tratamento 5</i>	<i>Tratamento 6</i>	<i>Tratamento 7</i>	<i>Tratamento 8 – controle</i>
Milho	55,041	47,315	39,589	62,736
Soja	34,733	35,981	37,229	33,491
Óleo	1,460	2,931	4,400	0,000
Fosfato bicálcico	1,838	1,858	1,879	1,817
Calcário	1,085	1,067	1,050	1,102
Sal	0,400	0,400	0,400	0,400
Suplemento min*.	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vit.**	0,100	0,100	0,100	0,100
Metionina	0,233	0,238	0,243	0,228
Resíduo fermentado	5,000	10,000	15,000	0,000
<i>Níveis Nutricionais</i>				
PB (%)	21,00	21,00	21,00	21,00
Ca (%)	1,00	1,00	1,00	1,00
P Disp (%)	0,45	0,45	0,45	0,45
EMA (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000
Met (%)%	0,55	0,55	0,55	0,55
Tre (%)	0,80	0,79	0,79	0,80
Trip (%)	0,25	0,26	0,26	0,25
Lis (%)	1,03	1,11	1,13	1,10

*Suplemento Mineral e** Vitamínico composição: Fase pré-inicial e inicial

4.3 Avaliações da inclusão dos resíduos em frangos de engorde

Os primeiros estudos científicos de substituição dos grãos de cereais por mandioca em rações para animais de interesse econômico são da década de quarenta, mais precisamente do período imediatamente posterior ao final da segunda guerra mundial, na Alemanha. Nesse período, as fazendas estavam sem reserva de grãos e necessitavam alimentar seus animais. Assim, esses estudos determinaram a possibilidade de substituir em até 20 a 40% os cereais contidos nas rações animais para monogástricos e ruminantes, respectivamente (VEARASILP *et al.*, 2005)

Encontram-se muitos trabalhos com o aproveitamento da mandioca e seus subprodutos na alimentação de monogástricos, porém não há na literatura consultada dados sobre o desempenho de frangos de corte alimentados com inclusão de resíduos do processo de produção de álcool a partir de mandioca na formulação das dietas, o que justifica a realização de mais estudos sobre o assunto.

A Figura 14 mostra a chegada e alojamento dos animais com um dia de idade, previamente vacinados, procedentes da Granja Céu Azul (Pereiras, SP).



Figura 14. Animais no tempo de início com detalhes do comedouro e balança para avaliação do peso.

A Figura 15 ilustra o desenvolvimento dos experimentos nos dias 7, 14 e 21 seguintes da chegada dos animais no local de execução das provas.



Figura 15. Animais nos tempos de 7, 14 e 21 dias de idade com detalhes nos comedouros, bebedouros e equipamentos utilizados.

4.4 Análises estatísticas

A Tabela 12 mostra os resultados das médias das variáveis avaliadas para os tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca hidrolisado.

Tabela 12. Médias das variáveis avaliadas nos tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca hidrolisado.

Tratamento	Peso médio (g)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)	Conversão Alimentar	Viabilidade %
4 – 0%	928,71 C	885,97 C	1199,90 A	1,51 A	96,60 A
1 – 5 %	871,08 B	827,49 B	1157,20 A	1,48 B	100,00 A
2 – 10 %	860,17 AB	817,05 AB	1163,53 A	1,42 AB	100,00 A
3 – 15 %	809,84 A	767,05 A	1157,20 A	1,48 B	100,00 A
Media geral	867,45	824,39	1187,24	1,44	99,16
CV (%)	3,48	3,69	3,45	4,71	3,76

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna deferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os dados da Tabela 12 mostram que existem diferenças significativas entre tratamentos nas variáveis peso médio, ganho de peso e conversão alimentar. Observa-se também que o grupo de animais da ração controle apresentou média de peso superior aos demais tratamentos, indicando um efeito não desejável para a inclusão do resíduo em dietas para frango de corte.

A Tabela 13 mostra os resultados das médias das variáveis avaliadas para os tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca fermentado.

Tabela 13. Médias das variáveis avaliadas nos tratamentos com inclusão de resíduo de mandioca fermentado.

Tratamento	Peso médio (g)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)	Conversão Alimentícia	Viabilidade %
8 – 0%	875,66	833,34	1126,66	1,35	100,00
5 – 5 %	928,53	885,27	1178,96	1,33	96,66
6 – 10 %	918,40	875,44	1139,66	1,30	100,00
7 – 15 %	900,00	857,03	1165,02	1,36	93,33
Media geral	905,65	862,77	1152,58	1,33	97,49
CV (%)	3,91	4,12	5,20	3,40	6,04

Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Avaliando os dados da Tabela 13, observa-se que não existem diferenças significativas nas variáveis analisadas, porém o grupo de animais da ração controle apresentou média de peso médio e ganho de peso menor que os outros tratamentos. As aves alimentadas com as rações contendo resíduos fermentados do processo de fabricação de álcool a partir de mandioca tiveram desempenho semelhante ao daquelas alimentadas com a ração controle. Esse resultado sugere que a palatabilidade do farelo do resíduo não influenciou o consumo das rações.

5. CONCLUSÕES

O processo de fabricação de etanol a partir de raízes de mandioca integral gera dois tipos de resíduo conforme o método de produção, quais sejam: 7,5% (b.s) para o processo de resíduo hidrolisado e 5,2% (b.s) para o processo de resíduo fermentado. Com relação ao aspecto nutricional os resíduos apresentam teores entre 39 e 41% de fibra, 0,5% de lipídeos, 20 e 30% de carboidratos, 0,5 e 1,50 de proteína, 6 e 8 % de acidez e, 20 e 30% de sólidos solúveis

A inclusão do resíduo hidrolisado na formulação de rações para fase inicial de frango de corte afetou negativamente o desempenho.

A inclusão do resíduo fermentado na formulação de rações para fase inicial de frango de corte não afetou o desempenho, sendo possível seu uso neste tipo de formulações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM (Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca)- **China proíbe etanol de milho e investe em mandioca**-Disponível em:

< <http://www.abam.com.br/not.php?id=277> >. Acesso em 5/ago/2007.

AKIBA, Y.; MURAKAMI, H. **Partitioning of energy and protein during early growth of broiler chicks and contribution of vitelline residues**. In: WORLD POULTRY SCIENCE CONFERENCE, 1995, Antalia, Turkey. World Poultry Science Symposium, 1995. p.46-52

ALVES, F et al., **Carboidratos na dieta pré-inicial de frangos de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 34 n.1. Viçosa jan./fev. 2005. p. 123-133.

MANDIOCA, Produção Brasileira. **Agrianual, 2008**. Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 374, 2008.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. Ed. Washington, 1990. 1298p.

BOBBIO, F.O; BOBBIO, P.A **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Editora Varela Ltda, 1989. P. 11-70.

BRINGHNTI, L. **Qualidade do álcool produzido a partir de resíduos amiláceos da agro industrialização da mandioca.** 2004. 72 f. Tese (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP Botucatu, 2005.

CABELLO, C. **Identificação de parâmetros para monitoramento de processo contínuo de hidrólise enzimática, na produção de glicose a partir de fécula de mandioca.** 1995. 208f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP Botucatu, 1995.

CABELLO, C. **Produção de álcool da mandioca.** Botucatu, 2005. 3p.

CÉLIA MARIA LANDI FRANCO ... [et al] **Propriedades gerais do amido** – Campinas : Fundação Cargill, 2001 v.1, 224p

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). Disponível em:
< <http://cepea.esalq.usp.br> > Acesso em 15/ago/2007.

CEREDA, M., P. **Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca.**
In:_____. Resíduos da Industrialização da mandioca. São Paulo: Editora Paulicéia, p.11-50.
1994.

CEREDA, M., P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In:_____.
(coord.). **Manejo, Uso e Tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca.**
São Paulo: Fundação Cargill, v.4, cap. 1, p.13-37. (Série Culturas de tuberosas amiláceas
Latino Americanas), 2001.

CEREDA, M, P - OLIVIER VILPOUX - **O mercado de amido no Mundo**, Disponível em:
<<http://www.abam.com.br/revista/revista9/ceteagro.php>> Acesso em 28/Jul/2007.

CONTE, A. J. **Efeitos da densidade de criação na fase inicial, na transferência de alojamento a os 21 dias de idade e do tipo de cama no desempenho de frangos de corte**, Dissertação (Mestrado em Zootecnia /Concentração em produção animal) – Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras – MG, 1997. 82p.

DALÍZIA AGUIAR, Embrapa Agropecuária Oeste - **Mandioca industrial** – Disponível em: < www.cpa0.embrapa.br/publicações.> Acesso em 10/ago/ 2007.

DIBNER, J. **Nutritional requirements of young poultry**. In: ARKANSAS NUTRITION CONFERENCE, 1996, Fayetteville. Arkansas Poultry Federation, 1996. p.15-27.

DO NASCIMENTO, G. **Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final**. Ciência agro técnica. v.29 n.1. Lavras jan./fev. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14130542005000100025&lng=pt&nr=iso Acesso em 15-fev-2009

F.O. LICHT – **2007 World fuel ethanol production**, Disponível em : < <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#A> > Acesso em 12 /set /2008.

FARINHA de mandioca – Exportações Brasileiras. **Agrianual, 2008**. Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 375, 2008.

FÉCULA de mandioca – Exportações Brasileiras. **Agrianual, 2008**. Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 375, 2008.

FERREIRA, D. F. **SisVar®**: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0. Lavras: DEX/UFLA, 1998. (**Software estatístico**).

GUIMARAES CRUZ, F. **Efeito da substituição do milho pela farinha da apara de mandioca em rações para poedeiras comerciais.** Revista Brasileira de Zootecnia. v.35 n.6 Viçosa nov./dez. 2006. p. 2303-2308

LARSSON,S.; PALMQVIST, E.; HAHN-HAGERDAL, B.; TENGBORG, C.; STENBERG, K.; ZACCHI, G. NILVEBRANT, N.O. The generation of fermentation inhibitors during dilute acid hydrolysis of softwood. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 24, p. 151-159, 1999.

LEONEL, M; CEREDA, M. P. Avaliação da concentração de pectinase no processo de hidrólise sacarificação do farelo de mandioca para obtenção de etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, v.20, n. 2, May/Aug. 2000.

LEONEL, M. **Uso de enzimas complementares na produção de etanol a partir de farelo de mandioca.** 1998. 118f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP Botucatu, 1998.

LEONEL, M., CABELLO, C. Hidrólise enzimática do farelo de mandioca: glicose e álcool. In: CEREDA, M.P. (coord.). **Manejo, Uso e Tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca.** São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.4,cap. 22, p.280-290. (Série Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas), 2001.

LIMA, U. A; BASSO, L. C.; AMORIN, H. V. Produção de etanol. In: **Biotechnology.** São Paulo: E. Blucher, 2001, v. 3, p. 1-43.

MACHADO, D, A. **Uso de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) spray-dry e autolizada e parede celular de levedura na nutrição de frangos de corte.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia /Concentração: Nutrição e Produção animal). 48f. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista – UNESP Botucatu, 2004.

MANDIOCA produção**Agrianual 2008**: Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p., 2009.

MENEZES, TOBIAS JOSÉ BARRETO- **Etanol o combustível do Brasil**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 229 p. 1980

MERCIER, C.; COLONNA, P. **Starch and enzymes: Inovations in the products, process and uses**. Biofutur, v. 1, p. 55-58, 1988

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA DO BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2007: Sumário Executivo (Portugués)**. Disponível em:

< http://www.brasemb.or.jp/portugues/economy/pdf/Sum_Executivo_BEN_2007.pdf >

Acesso em 09/ Set / 2008

MIUIKI, I. **Produção de hidrolisados de fibras a partir de resíduo da industrialização da mandioca submetido a pré-tratamento hidrotérmico**. Dissertação (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura). 97 f. Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual Paulista – UNESP Botucatu, 2005

MORENO, V - **Embrapa estuda diferentes matérias-primas para produção de etanol**, Disponível em: < <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/maio/foldernoticia.2007-05-11.5628368136/noticia.2007-05-11.2772698649/> > Acesso em 15/set/2008.

OINEGUE, F.O mundo do etanol depois da euforia. **Anuario 2009**, São Paulo. P 57-59, 2009

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V.T.; VANDENBERGHE, L. P. S; MOHAN, R. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 74, p. 81-87, 2000.

PEDUZZI, P. [Pará poderia liderar produção de álcool e mandioca](#). **Diário do Para**.

Quarta-feira, Fevereiro 25, 2009.

Disponível em: <<http://ethanolbrasil.blogspot.com/2009/02/para-poderia-liderar-producao-de-alcool.html>> Acesso em 13 /mar / 2009

PEREIRA DA SILVA E. **Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento**. R. Bras. Zootec., v.38, n.6, p.1051-1058, 2009

PRIMO-YÜFERA, E.; GIL – TORTOSA, C. I.; GARCIA – BERRO, F.J. Hydrolysis of corn cob lignocellulosic residue from pentose preparation. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 52, p.1-4, 1995.

ROSTAGNO, H. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viscosa: Universidade Federal de Viscosa -UFV, Departamento de Zootecnia, 2000. 141p.

SANCHEZ, O.J.; CARDONA, C.A. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 5270 – 5295 2008.

SCHWENGBER, D, R. **Mandioca a raiz do Brasil**. EMBRAPA/CPAFRR . Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=302>>. Acesso em 11/mar/2009.

SOUSA, L. S.; FIALHO, J. F. **Mandioca na Alimentação Animal**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/processamento.htm>. Acesso em: 10/feb/2009.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 83, p. 1-11, 2002.

TEIXEIRA, ANTONIO .SOARES. **Alimentos e alimentação dos animais**. 4. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 402 p.

TEIXEIRA, ANTONIO .SOARES **Alimentos e alimentação dos animais**. 5 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 241 p.

VEARASILP, T.; MIKLED, C. **Site and extend of cassava starch digestion in ruminants**, Disponível em: <http://www.forum.or.kh/~mekarn/procass/choc.htm>.. Acesso em 2 de mai de 2005.

ZEA DUQUE VIEIRA LUNA MAYERHOFF (INPI – Instituto Nacional da Propriedade Intelectual). **Patentes em bio-etanol evidenciam desenvolvimento brasileiro**. Disponível em: http://www.inpi.gov.br/ultimas_noticias/pdf/artigozea.pdf Acesso em 10/Ago/ 2007

ZHANG, C.; HAN, W.; JING, X.; PU, G.; WANG, C. Life cycle economic analysis of fuel ethanol derived from cassava in southwest China. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 7, p. 353-366, 2003.