

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

MÁRCIA ALVES DA SILVA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DOS FARELOS DE
SOJA E NABO FORRAGEIRO ANTES E APÓS A
BIOCONVERSÃO COM O FUNGO *PLEUROTUS
OSTREATUS***

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

**DOURADOS/MS
MARÇO/ 2016**

MÁRCIA ALVES DA SILVA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DOS FARELOS DE
SOJA E NABO FORRAGEIRO ANTES E APÓS A
BIOCONVERSÃO COM O FUNGO *PLEUROTUS
OSTREATUS***

Orientadora:

Prof.^a. Dr.^a. Rozanna Marques Muzzi

Co-orientador:

Prof. Dr. Marcelo Fossa da Paz

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal da Grande Dourados, como um dos Requisitos necessários para a obtenção do Título de mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, na área de concentração Tecnologia Ambiental.

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

**DOURADOS/MS
MARÇO/2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586a Silva, Marcia Alves Da

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DOS FARELOS DE SOJA E NABO FORRAGEIRO ANTES E APÓS A BIOCONVERSÃO COM O FUNGO *PLEUROTUS OSTREATUS* / Marcia Alves Da Silva -- Dourados: UFGD, 2016.

65f. : il.; 30 cm.

Orientadora: Rozanna Marques Muzzi

Co-orientador: Marcelo Fossa da Paz

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Resíduo agroindustrial, ração animal, *Pleurotus ostreatus*, bioconversão.

I. Título

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor (a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: “**Avaliação nutricional dos farelos de soja e nabo forrageiro antes e após a bioconversão com o fungo *Pleurotus ostreatus***”, de autoria de **Márcia Alves da Silva**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

Prof.^a Dr.^a Rozanna Marques Muzzi
Presidente da banca examinadora

Prof. Dr. Cláudio Rodrigo Nogueira
Membro Examinador (UFGD)

Prof.^a Dr.^a Sílvia Maria Martelli
Membro Examinador (UFGD)

Dourados/MS, 31 de março de 2016.

*“De tudo ficaram três coisas...
A certeza de que estamos começando...
A certeza de que é preciso continuar...
A certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminar...
Fazemos da interrupção um caminho novo...
Da queda, um passo de dança...
Do medo, uma escada...
Do sonho, uma ponte...
Da procura, um encontro!”*

Fernando Sabino

*Dedico este trabalho ao meu namorado
Leandro de Moraes e a minha
família por acreditarem em mim.*

AGRADECIMENTOS

Concluir o mestrado não foi nada fácil. Mas posso dizer que ao longo desse processo contei com o apoio e carinho de várias pessoas especiais que confiaram em mim e me incentivaram a não desistir apesar da dificuldade.

Desta forma, gostaria de agradecer a todos aqueles que sempre estiveram ao lado. Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao meu namorado, Leandro, pela companhia, amor, respeito e cumplicidade nesses anos sem você eu não teria conseguido.

Aos meus pais, Jovelina e Paulo, incentivadores e responsáveis por minha determinação e persistência.

Aos meus irmãos, Marta e Marcos, meu cunhado, Agledson, pelo incentivo e companheirismo nos momentos difíceis.

Aos meus sobrinhos, Mariany, Matheus, Maria Klara e Amanda pelos momentos de alegrias.

A minha sogra, Iara, pelo incentivo nos momentos de dificuldades.

Aos colegas do Mestrado, sou grata pela oportunidade única que tivemos de conviver e trocar experiências e lições de vida, em especial, a Claudiomira, que dividiu e compartilhou comigo de perto todos os desafios para vencermos mais esta etapa.

A minha orientadora, Prof.^a Rozanna, por ter confiado em mim e me conduziu ao alcance desse objetivo.

Ao meu co-orientador, Prof. Marcelo, pelos ensinamentos e contribuições para o desenvolvimento desse trabalho.

A todo pessoal do Laboratório de Nutrição Animal da UFGD, em especial ao professor Rafael Henrique pela contribuição disponibilizando o seu laboratório de pesquisa para realização das análises, a Gisa pela ajuda na parte técnica e execução das análises.

As minhas amigas queridas, Alice, Chrislaine e Cristiane que sempre me incentivaram e não me deixaram desistir. Por me proporcionar momentos de alegrias.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição nutricional do farelo de soja e nabo forrageiro.....	4
Tabela 2 – Avaliação da umidade nas amostras <i>in natura</i> para obtenção dos farelos miceliados.....	27
Tabela 3 – Avaliação da capacidade de absorção de umidade dos produtos utilizados como umectantes puros para obtenção de farelos miceliados.....	28
Tabela 4 - Avaliação da umidade das amostras com adição de produtos utilizados como umectantes para obtenção de obtenção de farelos miceliados.....	28
Tabela 5 – Granulometria das amostras de farelo de soja e nabo forrageiro trituradas em liquidificador industrial.....	30
Tabela 6 – Variação 1 – Condições e quantidades de produto umectante usados no preparo de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja para miceliação com <i>P. Ostreatus</i>	32
Tabela 7 – Variação 2 – Miceliação de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja com <i>P. Ostreatus</i>	33
Tabela 8 – Variação 3 – Miceliação de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja com <i>P. Ostreatus</i>	36
Tabela 9 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de soja e nabo forrageiro, em base úmida e base seca.....	38
Tabela 10 – Análises bromatológicas do cacho de macaúba, em base úmida e base seca.....	40
Tabela 11 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de soja e nabo forrageiro tostados, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
Tabela 12 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de nabo forrageiro com vermiculita em erlenmeyer e saco de polipropileno, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
Tabela 13 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba em saco de polipropileno, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo <i>Pleurotus ostreatus</i>	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do planejamento experimental da avaliação nutricional dos farelos de soja e nabo forrageiro.....	17
Figura 2 – Farelo de soja tostado: (a); farelo de nabo forrageiro tostado (b).....	18
Figura 3 – Amostra (6) - farelo de nabo forrageiro no Erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação.....	34
Figura 4 – Amostra (8) - farelo de nabo forrageiro com vermiculita no erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação.....	34
Figura 5 – Amostra (7) – farelo de nabo forrageiro com vermiculita no saco de polipropileno: (a) 2, (b) 6, (c) 15 e (d) 30 dias de incubação.....	35
Figura 6 – Amostra (10) - farelo de soja no Erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação.....	35
Figura 7 – Amostra (14) – farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba no saco de polipropileno + placa de petri: (a) 4, (b), 21 e (c) 30 dias de incubação.....	37
Figura 8 – Resultados dos parâmetros analisados para o farelo de soja <i>in natura</i> e após bioconversão com fungo PO (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	41
Figura 9 – Resultados dos parâmetros analisados para o farelo de nabo forrageiro <i>in natura</i> e após bioconversão com fungo PO (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	42

RESUMO

Nesse trabalho estudamos o enriquecimento nutricional de resíduos de extração de óleo de soja e nabo forrageiro, através da bioconversão com o fungo *Pleurotus ostreatus*, para possível aplicação em formulação de ração animal. A bioconversão através de fungos comestíveis em resíduos agroindustriais tem trazido vários benefícios como: aumento do valor nutricional, controle de geração de resíduos, redução de impactos ambientais, aumento da renda familiar, entre outros. O farelo de soja possui alto teor proteico e é amplamente empregado na formulação de ração animal, ao contrário do farelo de nabo forrageiro. Dessa forma, foi feita a determinação de indicadores nutricionais como: cinzas, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, celulose, extrato etéreo, matéria seca e digestibilidade *in vitro* desses farelos. Os resultados demonstraram que os farelos de soja e nabo forrageiro já apresentavam um alto teor de proteína, sendo que o farelo de soja possui valor nutricional maior que o de nabo forrageiro. Entretanto, após o processo de bioconversão com o fungo *P. ostreatus* observamos que em ambos os farelos o valor proteico aumentou em relação ao farelo inicial, sendo que o valor proteico do farelo de nabo forrageiro após a bioconversão foi maior que o farelo de soja nas mesmas condições.

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial, ração animal, *Pleurotus ostreatus*, bioconversão.

ABSTRACT

In this current research it is studied the nutritional enrichment of the residues extracted from the soybean oil and from the turnip through bioconversion with *Pleurotus Ostreatus* fungus, in order to implement animal feed formulation. The Bioconversion with edible fungi in agro-industrial by-products has brought many benefits such as the increase of feed's nutritional values, waste generation control, decrease of environmental impacts, increase of some families' income, among others. The soybean meal has a high protein content and is widely used in animal feed formulation, unlike the turnip meal. Thus, some nutritional indicators were established such as: ashes, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, cellulose, ether extract, dry matter and these meals' *in vitro* digestibility. The results have shown that the soybean and the turnip meals presented previously a high protein content, knowing that the soybean meal has a higher nutritional value than the turnip. However, after the bioconversion process with the *P. Ostreatus* fungus was observed that in both meals the protein levels have increased when related to the initial meal, and that the protein value of turnip meal after bioconversion has been higher than the soybean meal in the same conditions.

Keywords: Agro-industrial By-products, Animal Feed, *Pleurotus Ostreatus*, Bioconversion.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 RESÍDUOS AGRÍCOLAS - GERAÇÃO E APROVEITAMENTO EM PROCESSOS DE BIOCONVERSÃO.....	3
3.2 PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	7
3.3 COGUMELOS COMESTÍVEIS.....	8
3.4 BIOCONVERSÃO.....	10
3.5 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS.....	12
3.5.1 Análise de Matéria seca	12
3.5.2 Análise de Gordura ou Extrato Etéreo	12
3.5.3 Análise de Fibra Bruta	13
3.5.4 Análise de Proteína Bruta	13
3.5.5 Análise de Cinzas ou Matéria Mineral.....	14
3.5.6 Análise de Fibra de Detergente Neutro	14
3.5.7 Análise de Fibra em Detergente Ácido	15
3.5.8 Análise de Lignina.....	15
3.5.9 Análise de Celulose	15
3.5.10 Análise de Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca (DIVMS).....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DOS FARELOS.....	17
4.2 PROCEDIMENTO GERAL PARA O PREPARO DAS AMOSTRAS.....	18
4.3 MICELIAÇÃO COM FUNGO COMESTÍVEL E ENRIQUECIMENTO.....	19

4.4 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS ANTES E APÓS ENRIQUECIMENTO COM O FUNGO.....	19
4.4.1 Determinação da Matéria Seca	20
4.4.2 Determinação de Cinzas e Matéria Mineral	20
4.4.3 Determinação de Fibra Bruta	21
4.4.4 Determinação de Fibra em Detergente Neutro	22
4.4.5 Determinação de Fibra em Detergente ácido.....	22
4.4.6 Determinação de Lignina.....	23
4.4.7 Determinação de Celulose	24
4.4.8 Determinação de Proteína	24
4.4.9 Determinação de Extrato Etéreo ou Gordura.....	25
4.4.10 Determinação de Digestibilidade <i>in vitro</i>	26
4.5 TESTES DE UMIDADE.....	27
4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS FARELOS	31
5.2 OBTENÇÃO DO FARELO MICELIADO – BIOCONVERSÃO.....	31
5.3 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS.....	37
5.5 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS ENRIQUECIMENTO COM O <i>P. Ostreatus</i>	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o emprego de processos biotecnológicos vem aumentando, principalmente na utilização de fungos para conversão de resíduos agroindustriais em alimentos. Sendo assim, esse processo oferece uma alternativa de obtenção não convencional de alimentos, tanto para humanos como para animais (BENTO; CASARI, 2012).

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal, normalmente propicia redução do custo da alimentação, além de servir como alternativa sustentável de reaproveitamento da matéria orgânica de origem vegetal, evitando acúmulo desses resíduos no meio ambiente, com consequente contaminação ambiental seja no solo, ou na água, colaborando desta forma com a preservação dos recursos naturais e com a produção animal sustentável.

No processo de extração do óleo vegetal por prensagem ou por solvente dos grãos de oleaginosas é gerado um subproduto que pode ser chamado de torta ou farelo. O farelo pode apresentar alto ou baixo valor proteico em relação aos valores mínimos exigidos para a alimentação a que se pode destinar esse resíduo. No caso do farelo ter baixo valor proteico, pode ser enriquecido por diversos processos, destacando-se a bioconversão (MOTA; PESTANA, 2011).

Nosso grupo de pesquisa tem estudado a bioconversão de farelos produzidos pela extração de óleo da macaúba (polpa e castanha), com ótimos resultados no aproveitamento desses resíduos em alimentação de ruminantes (REVELLO, 2014).

Sendo assim, no presente trabalho estudamos a potencialidade de enriquecimento nutricional dos resíduos da extração do óleo de soja e nabo forrageiro, na forma *in natura*, e através da bioconversão com o fungo *Pleurotus ostreatus*, para formulação de ração animal. Esses farelos foram escolhidos por apresentarem grande quantidade de produção nas atividades agroindustriais, dentre outros atributos nutricionais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o enriquecimento nutricional de resíduos da extração do óleo da soja e do nabo forrageiro, através da bioconversão com o fungo *Pleurotus Ostreatus*, para possível aplicação em formulação de ração animal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar as melhores condições de crescimento (miceliação) do fungo comestível *Pleurotus ostreatus*, nas amostras *in natura* dos substratos estudados;
- Determinar os valores nutricionais dos farelos de soja e nabo forrageiro *in natura* antes e após miceliação do fungo comestível, através das análises bromatológicas:
 - Cinzas ou matéria mineral (MM);
 - Fibra bruta (FB);
 - Fibra em detergente neutro (FDN);
 - Fibra em detergente ácido (FDA);
 - Lignina;
 - Celulose;
 - Extrato etéreo ou gordura bruta (EE);
 - Matéria seca (MS);
 - Digestibilidade *in vitro*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS AGRÍCOLAS – GERAÇÃO E APROVEITAMENTO EM PROCESSOS DE BIOCONVERSÃO

Nos últimos anos tem aumentado a busca de métodos e processos para utilização dos resíduos agroindustriais gerados abundantemente nas atividades agrícolas. O acúmulo de resíduos de biomassa aumenta a cada ano, causando deterioração do meio ambiente e perda de recursos (PANDEY, *et al.*, 2000).

O grande consumo de alimentos e produtos não duráveis pela população brasileira torna o Brasil um grande produtor de lixo. Com o objetivo de trazer uma gestão mais sustentável no descarte pós-consumo, o Governo Federal implantou em julho de 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, cuja lei obriga a ação de logística reversa através do retorno de embalagens e materiais industriais após o consumo. Para tanto, o PNRS propõe a responsabilidade compartilhada entre o governo, indústrias, comércio e consumidores finais que contempla os seguintes objetivos: a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos; destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos; diminuição do uso dos recursos naturais na produção de novos produtos; intensificação de ações de educação ambiental; aumento da reciclagem no país; promoção da inclusão social; geração de emprego e renda (ABIOVE, 2016).

Normalmente, a maioria dos farelos obtidos da extração de óleo não passa por processo de agregação de valor pelo fato de serem desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas, com exceção da soja, algodão e girassol usados na obtenção de óleo vegetal destinado a alimentação (ABDALLA, *et al.*, 2008).

Além das culturas tradicionais, o Brasil possui várias culturas de oleaginosas com características e potencial para produção de biodiesel que gera subprodutos para alimentação animal como os farelos de mamona (*Ricinus communis*), dendê (*Elaeis guineensis*), pinhão-manso (*Jatropha curcas*), que possui limitações de uso devido à presença de substâncias tóxicas necessitando passar por um processo de detoxicação, nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), amendoim (*Arachis hypogaea*), canola (*Brassica napus*), gergelim (*Sesamum orientale*), babaçu (*Orrbignya speciosa*) e macaúba (*Acrocomia aculeata*) (RODRIGUES; RONDINA, 2013; COSTA, *et al.*, 2015).

Os subprodutos gerados da produção de biodiesel apresentam grande potencial para utilização na alimentação de ruminantes, devido as consideráveis concentrações de proteína e extrato etéreo, que as caracterizam como alimentos proteicos e/ou energéticos, capazes de permitir o atendimento das exigências nutricionais destas frações pelos animais (OLIVEIRA, *et al.*, 2013).

Na Tabela 1 é apresentada a composição nutricional dos farelos de soja e nabo forrageiro.

Tabela 1 – Composição nutricional dos farelos de soja e nabo forrageiro.

Subprodutos	MS	PB	FDA	FDN	LIG	EE	FB	NDT
Farelo de soja	88,57	48,71	13,46	15,85	1,62	1,85	6,09	81,38
Farelo de nabo forrageiro	91,48	44,71	20,34	30,39	-	3,41	7,37	70,10

MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDA= fibra de detergente ácido; FDN= fibra de detergente neutro; LIG= lignina; EE= extrato etéreo; FB= fibra bruta; NDT= nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Cqbal (2016).

Conforme apresentado na Tabela 1 o teor de proteína apresentado nos dois subprodutos é próximo, com maior valor apresentado pelo farelo de soja.

Contudo, o emprego de farelo de nabo forrageiro ainda em ração animal é pouco explorado comercialmente.

O conteúdo proteico desses farelos é relativamente alto, podendo ser utilizado como fonte de proteína em ração para animais. O teor de gordura (EE) é baixo, o que pode ser outro benefício para os ruminantes, pois não deve ultrapassar de 6% na matéria seca, a fim de evitar efeitos nocivos à digestão dos alimentos e o comprometimento do consumo de matéria seca. (SOUZA, *et al.*, 2009). O teor de fibra é relativamente baixo (20%) o que competem a essas tortas, serem classificadas como alimento concentrado (BONATTO, *et al.*, 2014).

Dentre os produtos agrícolas de interesse mundial, a soja tem se destacado devido a sua variabilidade na alimentação, tanto humana quanto animal. Na safra de 2014/2015, o Brasil teve uma produção de 96,24 milhões de toneladas de soja (CONAB, 2016).

A associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) divulga que as novas projeções para o farelo de soja em 2016 são de alta na produção e exportação: 30,90 milhões de t e 15,20 milhões de t respectivamente.

A soja pertence à classe das dicotiledôneas, família leguminosa e subfamília *papilionoidae* e o gênero *Glycine max Merril*, que é a espécie cultivada. Cresce anualmente e é uma das culturas de maior importância econômica no mundo (SILVEIRA, 2008; VILLALVA, 2008).

Seus grãos são muito usados para a extração do óleo vegetal e de seu subproduto, o farelo pela agroindústria (produção de rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. É considerada um dos alimentos mais completos em termos de propriedades nutricionais. Contém mais proteína que qualquer outra leguminosa, e seus produtos são excelentes fontes proteicas não animais. Apresenta fontes de vitaminas, sais minerais e fibra alimentares, além de oferecer quantidades de aminoácidos similares a dos alimentos de origem animal. A soja não contém colesterol e sua gordura apresenta alto teor de gorduras poli-insaturadas, vitais ao nosso organismo, como ômega 6 e ômega 3 (MISSÃO, 2006).

A soja é uma leguminosa rica em proteína de alta qualidade nutricional, com composição variável de acordo com as condições climáticas, tipo de solo, entre outros fatores. O farelo de soja sem óleo pode conter até aproximadamente 52% de proteína. A soja integral apresenta limitações quando utilizada em rações, devido à presença de fatores antinutricionais que dificultam a digestão e absorção dos nutrientes, o que, conseqüentemente, prejudica os resultados de desempenho animal. Os fatores que mais se destacam são os inibidores de proteases, as lecitinas, proteínas alergênicas e as saponinas, o que torna sua utilização, em alguns casos, dependente de processamento térmico (GARCEZ, *et al.* 2014).

O farelo de soja é um dos principais ingredientes proteicos das rações, com bom valor nutricional e valores de aminoácidos essenciais favoráveis à alimentação dos animais. No Brasil é a principal fonte proteica em dietas para ruminantes suplementados com concentrado. A inclusão deste ingrediente pode resultar no encarecimento da ração, pois sua demanda é crescente, principalmente na avicultura e suinocultura intensiva e seu preço tem variação conforme o mercado internacional (SOUZA *et al.*, 2010). A elevação do custo deste aditivo em rações aumenta o custo de produção da ração. Dessa forma, torna-se necessário avaliar as possibilidades de utilização de alimentos alternativos de boa qualidade, que possuam menor custo, e teor proteico equivalente ao da soja, permitindo assim, manter o patamar atual de produção de rebanhos (Goes *et al.* 2010).

A disponibilidade, preços competitivos e valor nutricional são os principais fatores que influenciam a demanda por alimentos proteicos em rações para animais. Espera-se que, com o crescimento da oferta de outras oleaginosas destinadas à produção de biodiesel (canola, crambe, girassol, macaúba, mamona, palma, pinhão-manso, nabo forrageiro dentre outras), a dependência do farelo de soja em rações para animais seja reduzida, diminuindo a competição com a alimentação humana e aumentando as opções para os produtores (OLIVEIRA, *et al.*, 2012).

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus L. var.oleiferus Metzg.*), pertencente à família Cruciferae. É uma planta anual, alógama, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura. Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido (CRUSCIOL, *et al.*, 2005). É uma planta de ciclo anual e apresentam como principal característica a elevada concentração de óleo e proteína, além do grande potencial de cultivo na região Centro-Oeste (SOUZA, *et al.*, 2009).

É uma oleaginosa utilizada para extração de óleo na produção do biodiesel. A vantagem da utilização desta matéria-prima, apesar do seu baixo rendimento em óleo (370 kg/ha), está no fato de esta cultura ser de grande interesse para a agricultura familiar, em decorrência da facilidade de produção e pelas condições de reciclagem de nutriente no solo, reduzindo custos com adubação, além de características agrônômicas favoráveis à utilização como adubo verde (MELLO *et al.*, 2008). Após a extração do óleo é gerado um subproduto que é chamado de torta ou farelo de nabo forrageiro, alimento rico em proteína e energia. Sua utilização na alimentação de bovinos possibilita, além de destinar corretamente o resíduo gerado no processo de produção do biodiesel, diminuir custos de produção, uma vez que representa uma fonte alternativa proteica para a alimentação dos ruminantes (BARBERO, 2013).

Para alcançar altos níveis de produção é necessário fornecer aos animais ruminantes elevados níveis de concentrado, isto porque, os volumosos não apresentam níveis suficientes dos nutrientes necessários para ampliar a produção, como energia, proteína, minerais e algumas vitaminas (FORTALEZA, *et al.*, 2009).

Segundo Fortaleza *et al.* (2009), a torta de nabo forrageiro apresenta características que possibilitam sua utilização na alimentação de ruminantes com possibilidade de substituição ao farelo de soja, devido à semelhança da degradação ruminal da proteína entre os dois coprodutos.

Existem vários fatores a serem considerados na escolha de um produto a ser utilizado na alimentação de ruminantes, entre eles estão: a quantidade disponível; a

proximidade entre a fonte produtora e o local de consumo; as suas características nutricionais; a presença de compostos tóxicos e/ou antinutricionais; e os custos de transporte, condicionamento e armazenagem (RODRIGUES; RONDINA, 2013).

O aproveitamento desses subprodutos na nutrição animal minimiza impactos ambientais evitando a deposição de resíduos no meio ambiente e como a maioria dos resíduos industriais tem produção estacional, geralmente coincidente com o período de escassez de forragem, o que permite ao produtor acesso aos ingredientes alimentares com menor custo em períodos de escassez (OLIVEIRA, *et al.*, 2013).

Assim como no estudo de Nayak, *et al.*, (2015), na Índia, que usou farelo de arroz como substrato devido a grande disponibilidade do mesmo como resíduo agrícola naquele país, escolheu-se o farelo de soja e o nabo forrageiro pelo mesmo motivo.

3.2 PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação animal tem relevância no ponto de vista nutricional, econômico e ambiental, possibilitando um desenvolvimento sustentável, devido à possibilidade de utilização de alimentos não empregados na alimentação humana, à agregação de valor a produtos que provavelmente seriam descartados pela agroindústria e, além disso, a destinação apropriada aos mesmos, contribuindo para diminuição dos riscos de poluição ambiental provocada pelo seu acúmulo (COSTA, *et al.*, 2015).

A nutrição de forma adequada é um dos fatores mais importantes para a obtenção de um bom desempenho dos animais, devendo-se levar em consideração além do valor nutritivo do alimento, as exigências e a capacidade de reaproveitamento dos mesmos (CARVALHO, *et al.*, 2004).

Os principais fatores que limitam a utilização de resíduos agrícolas em ração animal são a grande quantidade de fibra bruta, em relação à proteína bruta, o que pode implicar em baixa digestibilidade (FADEL; EL-GHONEMY, 2015).

Geralmente rações animais são produzidas a partir de produtos ou subprodutos agrícolas, como grãos, cereais ou outros resíduos. Por isso, se faz necessário que haja complementação com micro ingredientes para melhorar os níveis de aminoácidos, vitaminas e minerais. Razão pela qual os aditivos tais como modificadores metabólicos, antimicrobianos, probióticos e especialmente os minerais são incorporados a fim de fornecer os nutrientes essenciais para o crescimento, e em última análise evitar doenças.

Em busca de matérias-primas baratas para serem usadas na produção de alimentos para animais, é essencial que se procure substratos com excelentes nutrientes para que se tenha um elevado rendimento animal, viabilizando economicamente sua produção. Portanto, é desejável que se utilize substrato de qualidade como base da alimentação animal, embora isso possa ser limitado com a utilização dos resíduos agrícolas. Em face deste desafio, está disponível como potencial solução a utilização de microrganismos, principalmente fungos comestíveis, para bioconverter resíduos agrícolas em produtos com alto teor nutricional, principalmente, aumentando proteínas, vitaminas e a digestibilidade (JONATHAN, *et al.*, 2012).

Também devem ser avaliados os parâmetros tais como desempenho (consumo e ganho de peso), parâmetros ruminais e sanguíneos dos animais, a produção e a qualidade da carne e ou do leite, e a viabilidade econômica deste uso. Os resíduos agrícolas como fonte de nutrição animal são importantes, pois estão disponíveis nos períodos de escassez de forragem verde, que ocorre na época fria e seca do ano. Embora em alguns casos possa haver queda na produtividade, esta será compensada pelos menores custos de produção, sem inviabilizar a rentabilidade da atividade (OLIVEIRA, *et al.*, 2013).

3.3 COGUMELOS COMESTÍVEIS

No Brasil, a produção de cogumelos comestíveis é pouco explorada e estão restritos às regiões Sul e Sudeste. Os cogumelos mais conhecidos pelos brasileiros são: o Champignon de Paris (*Agaricus bisporus*); shitake (*Lentinula edodes*); shimeji, cogumelo ostra ou hiratake (*Pleurotus ostreatus*) e cogumelo princesa ou cogumelo da vida (*Agaricus blazei*) (URBEN, 2004).

Os cogumelos comestíveis são considerados do grupo de espécies de fungos basidiomicetos que crescem naturalmente em troncos de árvores, folhas, raízes de árvores, bem como em decomposição lenhosa entre outros. Nutrientes como: vitaminas, minerais, micro e macro nutrientes foram encontrados na maioria dos cogumelos, tais como o *Pleurotus ostreatus*, também conhecido como fungo de podridão branca, pela sua capacidade de degradar materiais lignocelulósicos. Esses fungos são capazes de colonizar diferentes tipos de resíduos agrícolas (JONATHAN, *et al.*, 2013).

O *P. ostreatus* é considerado o principal fungo comestível da Ásia, destacando-se não só por seu sabor e qualidade, mas também por suas propriedades medicinais,

como efeitos antitumoral, antiviral, anti-inflamatório, antioxidante e no controle do colesterol, entre outros. Por essas propriedades é considerado um intensificador do sistema imunológico (DÍAZ; CARVAJAL, 2014). Os cogumelos não dependem das condições meteorológicas, tais como precipitação e podem ser cultivados durante todo o ano através da manipulação ambiental (EARNSHAW, *et al.*, 2012).

Geralmente os cogumelos são cultivados em toras de madeira, porém no Brasil, os cogumelos *pleurotus* já foram cultivados em bagaço de cana-de-açúcar nas regiões produtoras da mesma, mas o bagaço tem se tornado escasso, pelo fato de que o mesmo tem sido usado como combustível pelas usinas. Além disso, nem todas as regiões brasileiras têm a cultura da cana-de-açúcar ou possui uma demanda muito pequena para gerar a produção de bagaço constante. Por isso, é de suma importância a implantação de novas alternativas de substrato para o cultivo de cogumelos no Brasil, dando prioridade aos resíduos produzidos na própria região (REFFATTI, *et al.*, 2006).

De acordo com Yildiz, *et al.* (2002) é provável que todos os materiais lignocelulósicos possam ser usados como substrato para o cultivo de *P. ostreatus*, o que vai diferenciar é o país, a região, a disponibilidade e o custo.

A importância dos cogumelos comestíveis vem crescendo devido ao avanço da tecnologia de cultivo, que possibilita a utilização de resíduos agropecuários e industriais, reciclando-os como substratos para o cultivo e, conseqüentemente, resultando em redução no custo de produção e também um mercado contínuo. Além disso, representam uma ótima alternativa para a utilização de vários resíduos, ajudando a resolver o problema da poluição, causada pela disposição desses materiais no meio ambiente (CARVALHO, *et al.*, 2013).

A produção comercial de cogumelos comestíveis como o *P. ostreatus* está na terceira posição mundial por apresentar algumas vantagens como: facilidade de manejo e produção, ocupando pouco tempo e espaço; pode ser cultivado pela sua capacidade de colonizar e degradar matérias-primas como: palhas, capins e bagaço que possui celulose, hemicelulose e lignina; é resistente a pragas e doenças comuns em outros cultivos de cogumelos e apresenta um crescimento rápido, permitindo assim um retorno econômico em pouco tempo (MODA, *et al.*, 2005; CARDOSO, *et al.*, 2013).

O uso de *P. ostreatus* na alimentação humana tem a vantagem de ser um complemento alimentar, já que contém entre 57% e 61% de carboidratos, 26% de proteína, 11,9% de fibra, de 0,9% a 1,8% de gordura, com base no em seu peso seco.

Também possui vitaminas como a niacina, tiamina (B1), vitamina B12, vitamina C e foram detectados minerais tais como potássio, cálcio e fósforo (OMEN, *et al.*, 2013).

Este fungo comestível também tem a capacidade de eliminar fatores antinutricionais, como foi comprovado no estudo feito por Luz, *et al.*, (2013), com o resíduo agrícola do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*). Após a bioconversão com *P. ostreatus* observou-se a redução de 95% de ácido fítico, 85% de taninos, além de apresentar uma concentração 1000 vezes menor de éster de forbol em relação a variedades não tóxicas de *J. curcas L.* Estes três compostos são os principais responsáveis pela toxicidade encontrada no pinhão manso, o que torna este resíduo, impróprio para ração animal.

3.4 BIOCONVERSÃO

O aproveitamento de resíduos agroindustriais para a produção de um alimento de alto valor nutricional na forma de biomassa fúngica é uma alternativa para agregar valor a esses resíduos. Os benefícios da bioconversão desses resíduos em cogumelos são vários: como o fornecimento de alimentos, controle de geração de resíduos, redução de impactos ambientais, melhoria da renda familiar entre outras (BENTO; CASARI, 2012).

Na bioconversão a composição nutricional do cogumelo comestível vai depender do substrato utilizado. Como comprovado no estudo de Paz, *et al* (2012), que comparou como resíduos agrícolas o bagaço de uva, polpa de maçã e palha de feijão, utilizando o fungo *Pleurotus sajor-caju*. Foram analisados os parâmetros umidade, cinzas, carboidratos, gordura, fibra bruta, proteína bruta e compostos fenólicos. O substrato afetou todos os parâmetros, em especial o total de compostos fenólicos.

Utilizando a bioconversão com o cogumelo *P. sajor-caju* no intuito de melhorar o valor nutritivo e a degradabilidade do resíduo de lixadeira, Castro, *et al.*, (2004), constataram que o fungo foi eficiente em aumentar o valor nutricional do resíduo de lixadeira do algodão, reduzindo as frações fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido e aumentando o teor de proteína bruta e a degradabilidade efetiva do material, sendo uma alternativa para agregar valor ao resíduo que, posteriormente, poderá ser utilizado como alimento para ruminantes.

De acordo com Akinfemi, *et al.*, (2009), na bioconversão de farelo de milho com o fungo *Pleurotus* spp. verificou-se enriquecimento deste resíduo agrícola, principalmente quanto à digestibilidade, aumentando a qualidade desta ração animal.

Jonathan, *et al.*, (2012), trabalhando com o fungo *Pleurotus pumonarius* na bioconversão de talo de sorgo e palha de arroz na alimentação de ruminantes, obteve resultados positivos quanto à maior degradação da lignina, composto que reduz a disponibilidade de nutrientes deste substrato.

Em estudo anterior de bioconversão com *P. ostreatus* tendo como substratos palha de soja, de arroz e de trigo, sozinhos e em combinação 1:1, observou-se melhor desempenho nutricional da palha de soja sozinha. Em geral houve redução da celulose, hemicelulose, fibra bruta, lignina, carboidratos e taninos, enquanto aumentou-se a proteína, cinzas e minerais (PATIL, *et al.*, 2010).

Também na avaliação da composição nutricional (proteína, extrato etéreo, fibra bruta, FDA, FDN e cinzas) dos substratos (inicial e residual (pós-colheita) à base de diferentes combinações de resíduos (folha, pseudocaule e pseudocaule + folha) e cultivares de bananeira – *Musa* spp. (Thap Maeo, Prata Anã, Pelipita e Caipira), durante 49 dias de cultivo com *P. ostreatus*, observou-se que os teores de cinzas, fibra bruta, FDA e FDN variaram de acordo com o tipo de resíduo e a cultivar de bananeira; e que o substrato residual apresentou-se bastante nutritivo com um aumento de proteína bruta e redução na sua porção fibrosa (CARVALHO, *et al.*, 2014).

Em estudo para verificar o valor nutricional da matéria prima e de substratos alternativos formulados a partir de resíduos madeireiros e da agroindústria da Amazônia para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer, observou-se que a composição nutricional do substrato é variável e que a melhoria da qualidade do substrato residual (incremento de proteína e de energia) provocada pelo metabolismo do fungo durante cultivo, contribuiu para um substrato mais nutritivo do que o substrato inicial e que poderá ser utilizado como composto para o cultivo de *Agaricus* sp., adubo orgânico ou biorremediação de solos contaminados (CAMPOS, C. S.; ARAUJO, L.M.; ANDRADE, M.C.N., 2010).

Na bioconversão com fungo filamentosos utilizando como substrato a torta da azeitona gerada da extração do óleo, com adição de 2% de melado de cana-de-açúcar, verificou-se um aumento no teor de proteína bruta, diminuição de compostos fenólicos e fibras, sendo assim, aumentou os nutrientes desse substrato tornando-o ideal para formulação de rações para ruminantes (FADEL; EL-GHONEMY, 2015).

3.5 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

As análises Bromatológicas são consideradas de suma importância para conhecimento da composição nutricional da alimentação animal, onde essa tem por finalidade avaliar os componentes com maior fidelidade, uma vez que eles são determinantes do valor nutritivo dos alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Na Zootecnia, em nutrição animal, existe um tema dos mais importantes para o qual a informação, embora em abundância, não se encontra abordada de modo completo nas literaturas existentes. Trata-se do estudo do valor nutritivo dos alimentos, assim como a maneira de expressá-lo, de forma prática, de modo a permitir o cálculo de rações balanceadas. É muito difícil, se não impossível, estabelecer um denominador comum em relação ao valor nutritivo dos alimentos, já que uma forragem rica em proteína, por exemplo, pode ser pobre em vitaminas ou mineral (RODRIGUES, 2010).

3.5.1 Análise de Matéria seca (MS)

De acordo com silva; Queiroz, 2002, a análise de MS é de suma importância, pois a preservação do alimento pode depender do teor de umidade presente no material e também quando comparamos o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, é necessário levar em consideração os respectivos teores de MS. Esta análise representa o peso do material analisado totalmente livre de água, extraída em um processo de secagem. A umidade na ração afeta o valor energético porque há menos matéria seca na mesma e consequentemente, menos nutriente.

O conhecimento do percentual da matéria seca contido na amostra é importante, pois é com base nele que se estabelece o cálculo da dieta, já que o consumo do alimento pelos animais é expresso em kg de matéria seca/animal/dia. Assim, quanto menor o percentual de matéria seca maior o consumo. No entanto, existe uma faixa de percentagem de matéria seca que é ideal tanto para o consumo, como para a produção e conservação dos alimentos (RODRIGUES, 2010).

3.5.2 Análise de Gordura ou Extrato Etéreo (EE)

A avaliação quantitativa de lipídios em alimentos constitui parâmetro importante para avaliações nutricionais e de processamento, pois o teor de gordura em um alimento

pode influenciar no seu armazenamento, uma vez que esta constitui fração bastante instável. Assim, alimentos ricos em gorduras se rancificam facilmente quando não manejados corretamente (SILVA; QUEIROZ, 2002).

As gorduras são consideradas bem mais energéticas que os hidratos de carbono e as proteínas, de modo que é fácil de entender que sua presença no alimento influencia seu valor energético de maneira significativa (RODRIGUES, 2010).

3.5.3 Análise de Fibra Bruta (FB)

A fibra bruta engloba as frações de celulose e lignina insolúvel. Do ponto de vista químico, fibra bruta é a parte dos carboidratos resistente ao tratamento sucessivo com ácido e base diluídos. A maior fração da fibra bruta, a celulose, é bem aproveitada pelos ruminantes, uma vez que os microrganismos do rúmen são capazes de desdobrá-la formando ácidos graxos voláteis, que são fontes de energia absorvida pelo organismo destes animais. A fibra é necessária para o funcionamento do rúmen. Quando em níveis elevados, baixa o consumo de matéria seca por animal e a concentração de energia por kg de matéria seca. A fibra é inversamente relacionada com o teor de energia. Quanto maior a fibra, menor será o valor da energia. É o conteúdo de fibra que determina o consumo voluntário do animal. Esta análise é utilizada no laboratório para produtos e coprodutos de origem vegetal, forrageiras, rações e concentrados (SILVA; QUEIROZ, 2002; RODRIGUES, 2010).

A fibra vem sendo utilizada para caracterizar os alimentos e para estabelecer limites de inclusão de ingredientes nas rações, entretanto, não existe consenso a respeito da definição de fibra, assim como a respeito da concentração de fibra na dieta que otimiza o consumo de energia. Quando pensamos nos aspectos que limitam o consumo, relacionados ao animal temos o enchimento do rúmen, que pode variar de acordo com a dieta quando a dieta contém altas proporções de FDN, o consumo torna-se uma função das características da dieta. Dessa forma, o animal consome o alimento até atingir a capacidade máxima de ingestão (JUNIOR, *et al.*, 2007).

3.5.4 Análise de Proteína Bruta (PB)

A proteína bruta é considerada um grande grupo de substâncias com algumas semelhanças químicas, porém com funções bioquímicas e fisiológicas diferentes. Com

base no fato de que as proteínas têm percentagem de nitrogênio quase constante, em torno de 16%, o que se faz é determinar o nitrogênio. A fração de componentes orgânicos, alvos de dosagens na forma mencionada, incluem o nitrogênio proteico, propriamente dito, e outros compostos nitrogenados não proteicos, tais como: aminas, amidas, lecitinas, nitrilas e aminoácidos (DETMANN, *et al.*, 2012).

O método Kjeldahl é o método mais usado para determinação de nitrogênio. Ele consiste em três processos: digestão da amostra em ácido sulfúrico com um catalisador, que resulta em conversão do nitrogênio em amônia; destilação da amônia em uma solução receptora; e quantificação da amônia por titulação com uma solução-padrão (SILVA; QUEIROZ, 2002).

3.5.5 Análise de Cinzas ou Matéria Mineral (MM)

A determinação da cinza fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais como cálcio e fósforo da amostra analisada. Em produtos vegetais como forrageiras, rações, cereais entre outros, a determinação da cinza tem relativamente pouco valor. As cinzas ou matéria mineral, são determinados, muitas vezes, apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado (ENN) e, ou, a matéria orgânica de certas amostras, sem a preocupação com o teor de minerais (SILVA; QUEIROZ, 2002).

O teor de cinzas dos alimentos não constitui indicação precisa da concentração de minerais essenciais. Assim, para se conhecer a concentração de minerais específicos de determinadas amostras é necessário transformar a cinza em solução mineral e, em seguida, analisar individualmente (DETMANN, *et al.*, 2012).

3.5.6 Análise de Fibra de Detergente Neutro (FDN)

A solução detergente neutro é utilizada para dissolver substâncias facilmente digeridas, como a pectina e o conteúdo celular da planta (proteínas, açúcares e lipídios), deixando um resíduo fibroso (fibra em detergente neutro – FDN), que são os principais componentes da parede celular das plantas (celulose, hemicelulose e lignina), proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular (SILVA; QUEIROZ, 2002).

A FDN indica a quantidade total de fibra dentro do volumoso, que o relaciona com o consumo. Assim, quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de matéria

seca. Os níveis de FDN variam conforme a espécie vegetal e o seu estágio vegetativo. Normalmente os níveis de FDN nas leguminosas são mais baixos do que nas gramíneas. Dentro da mesma espécie vegetal, as plantas mais novas apresentam níveis de FDN mais baixos, o que é facilmente detectado, com o maior consumo pelos animais (RODRIGUES, 2010).

3.5.7 Análise de Fibra em Detergente Ácido (FDA)

A FDA é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen. É constituída na sua quase totalidade de lignocelulose, ou seja, lignina e celulose. O nível máximo permitido de FDA é de 21% da matéria seca da dieta. É considerado um indicador do valor energético da silagem: quanto menor a FDA, maior o valor energético. Negativamente correlacionados com a digestibilidade, os valores mais altos indicam menor digestibilidade (SILVA; QUEIROZ, 2002; RODRIGUES, 2010).

3.5.8 Análise de Lignina

O termo lignina é usado para designar um grupo de substâncias com unidades básicas químicas semelhantes. A determinação da lignina é feita a partir da fibra em detergente ácido (celulose, lignina, cutina, minerais e sílica). A maioria dos vegetais superiores contém, pelo menos, alguma fração de lignina. O conteúdo de lignina varia de 4 a 12%, podendo chegar, nas forrageiras mais fibrosas, a 20 % da matéria seca. É a fração menos digestível do alimento (SILVA; QUEIROZ, 2002; RODRIGUES, 2010).

3.5.9 Análise de Celulose

A celulose é o polissacarídeo mais abundante, componente de biomassa em plantas, encontrada principalmente na parede celular destas, correspondendo a aproximadamente 35-50% do peso da planta. É formada por longas cadeias lineares de moléculas de glicose que são ligadas na forma de unidades de D-anidroglicopiranosose com pontes ésteres (1→4)- α -D-glicosídicas tornando difícil a sua separação do complexo lignocelulósico e particularmente ao processo de hidrólise deste polímero (MENEZES, C.R; BARRETO, A.R., 2015).

O método baseia-se na dissolução de todos os componentes da amostra, com exceção da celulose e dos minerais, por meio de um reagente ácido específico. Sabe-se que os ruminantes desdobram a celulose, por meio de sua flora bacteriana, até Ácidos Graxos Voláteis (AGV) principalmente, ácido acético, ácido propiônico e ácido butílico. A fermentação da celulose se processa no rúmen-retículo, por intermédio de bactérias e protozoários ali existentes. Pode-se dizer que em termos de aproveitamento pelos ruminantes, a celulose é igual ao amido. Durante muito tempo, os ácidos graxos voláteis (AGV) foram considerados como subprodutos, sem maior importância. Em 1952, descobriu-se que eles são a maior fonte de energia para os ruminantes, quando alimentados à base de forragem (SILVA; QUEIROZ, 2002; RODRIGUES, 2010).

3.5.10 Análise de Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS)

A técnica consiste em se deixar amostras de alimentos, num primeiro estágio (fermentação pré-gástrica), em contato com o conteúdo líquido do rúmen (inoculo), no interior de um tubo, no qual se busca reproduzir as condições predominantes no rúmen-retículo (presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura média de 39°C, poder tampão com pH de 6,9); já, num segundo estágio, processa-se a digestão pela adição de pepsina e ácido clorídrico concentrado. A quantidade de matéria seca ou orgânica que desaparece após os dois estágios é considerada como tendo sido digerida (RODRIGUES, 2010).

Os valores *in vitro*, como são obtidos, constituem informações excelentes para o técnico em introdução, seleção e melhoramento do alimento. Sendo assim essa técnica constitui para o pesquisador uma arma de alta precisão, uma vez que o método apresenta erros aleatórios de pequena magnitude (SILVA; QUEIROZ, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1, abaixo, resume a ordem de procedimentos adotados para a realização desse trabalho.

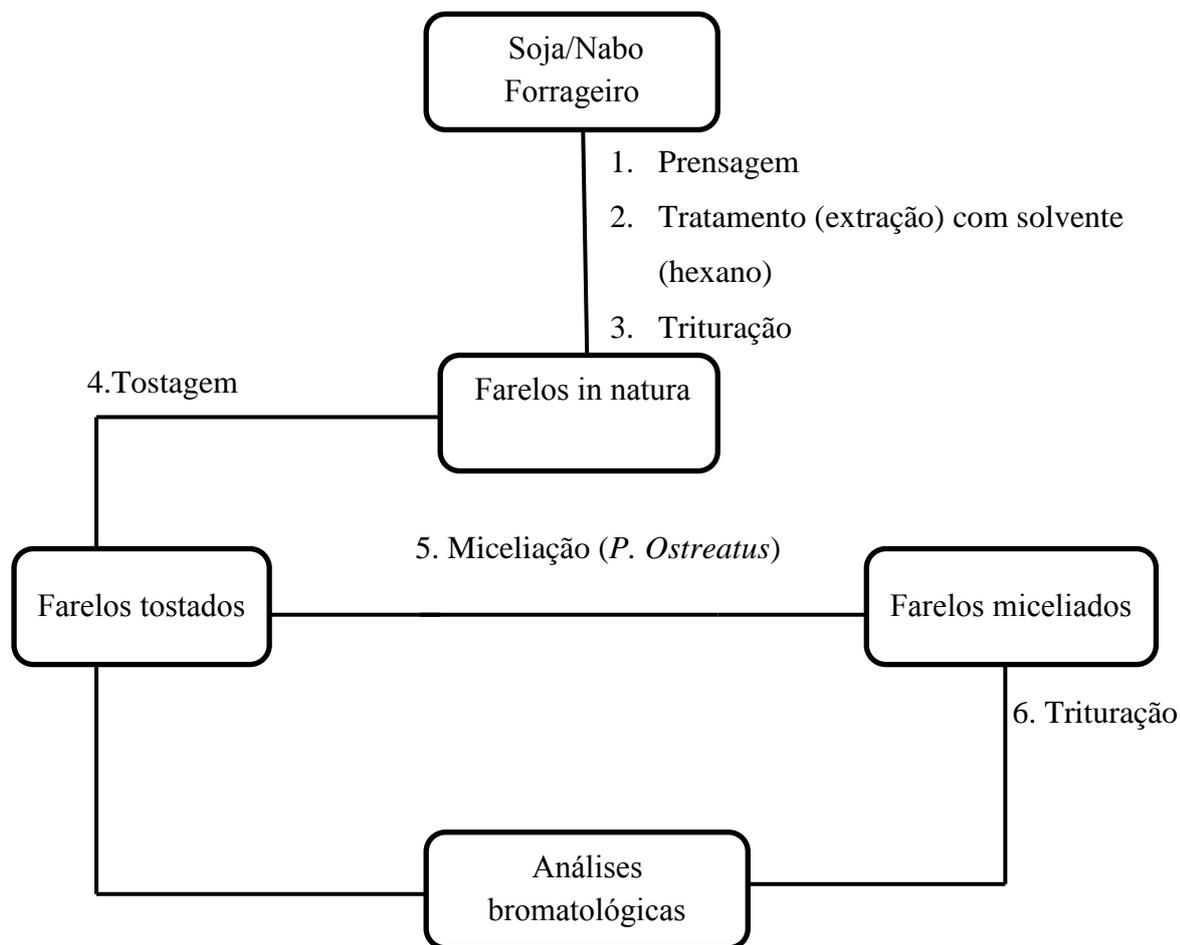


Figura 1 – Fluxograma do planejamento experimental da avaliação nutricional dos farelos de soja e nabo forrageiro.

4.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DOS FARELOS

As sementes de soja e nabo forrageiro foram obtidas através da doação de produtores da região, as quais foram submetidas a processos de extração de óleo, sendo obtidas as tortas de soja e nabo forrageiro através de prensagem mecânica (Prensa: ECIRTEC[®] - MPE-40 PI 5 CV) e posterior tratamento com hexano (processo de soxhlet) para a extração exaustiva do óleo.

Para a realização das análises bromatológicas os farelos de soja e nabo forrageiro foram somente triturados em liquidificador industrial (Mod. LTB-4 Marca Becker) (figura 2). O material obtido na trituração foi conduzido para uma análise granulométrica em uma série padrão de peneiras Tyler com aberturas (malhas) de: 8, 14, 48 e 80mesh. O teste foi realizado com nível de vibração 5 durante 2 min.

Os farelos obtidos foram mantidos em temperatura ambiente por 24 h até a evaporação do solvente. Também foi realizado um processo de tostagem, realizado em estufa a 70°C por 24 h, com o intuito de remover material evaporável até essa temperatura que pudesse estar ainda presente nas amostras e em seguida foram armazenados em freezer (-5°C).



Figura 2 – Farelo de soja tostado: (a); farelo de nabo forrageiro tostado (b).

4.2 PROCEDIMENTO GERAL PARA O PREPARO DAS AMOSTRAS

Sacos transparentes de polipropileno (resistentes à esterilização em autoclave), com medidas de 20x30 cm foram utilizados e neles pesados quantidades iguais das amostras que serviram como substrato no processo de estudo do crescimento do fungo (30 g) e, a cada uma foi adicionada água. Testes de umidade por gravimetria foram realizados previamente das amostras para determinação da quantidade de água adicionada aos substratos (Tabela 6, 7 e 8).

Os sacos foram fechados com capuchões de algodão, para permitir as trocas gasosas durante o processo, e levados para esterilização em autoclave a 121°C durante 20 minutos. Após esse tempo, as amostras foram deixadas na própria autoclave para esfriar. Em seguida os saquinhos foram transferidos para a câmara de fluxo laminar

(MARCONI), previamente tratada com álcool etílico a 70% e deixados sob a luz UV por 20 minutos para posterior inoculação.

4.3 MICELIAÇÃO COM FUNGO COMESTÍVEL E ENRIQUECIMENTO

A miceliação desses farelos foi realizada com o inóculo do fungo comestível da espécie *Pleurotus ostreatus* linhagem / lote EF 764 B, adquiridos na forma de *spawn* da empresa Funghi e Flora, localizada em Valinhos/SP, para o processo de bioconversão.

Aproximadamente 0,30 g de *spawn* do fungo foi inoculado em cada amostra com auxílio de uma pinça, flambada em chama de bico de Bunsen. Logo em seguida a pinça foi esfriada e o saco foi aberto, procurando-se manter a boca do mesmo acima da chama, bem como do saco contendo a cultura mãe. A cultura inicial foi introduzida no centro do saquinho e, rapidamente foi fechado o mesmo com o capuchão de algodão. Este procedimento foi realizado para todos os saquinhos do experimento.

Algumas modificações no procedimento de miceliação foram adotadas, onde foi introduzida uma placa de Petri dentro dos saquinhos para obter um espaço maior de aeração sendo em seguida fechados com o capuchão de algodão. Outra modificação foi a utilização de Erlenmeyer de 250 mL em substituição aos saquinhos.

As amostras foram deixadas lado a lado em uma estufa incubadora microprocessada (BOD: QUIMIS, MODELO Q315M25) mantendo uma temperatura de 25°C, onde foram monitoradas por um período de 30 dias.

Após 30 dias de miceliação, os sacos de polipropileno foram abertos e as amostras foram colocadas em béqueres e levadas à estufa com circulação de ar a 70°C por 24h, para secagem. Após esse processo as amostras foram trituradas e armazenadas em temperatura ambiente para análise.

4.4 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS ANTES E APÓS O PROCESSO DE BIOCONVERSÃO

As análises bromatológicas empregadas na determinação de nutrientes nas amostras de farelo de soja e nabo forrageiro antes e após o processo de bioconversão com o fungo *P. ostreatus* foram: matéria seca (MS), cinzas ou matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido

(FDA), lignina, celulose extrato etéreo ou gordura bruta (EE), fibra bruta (FB), carbono total e digestibilidade *in vitro*.

As análises foram realizadas em triplicatas, no Laboratório de Nutrição Animal/Faculdades de Ciências Agrárias/UFGD.

Os procedimentos adotados nessas análises estão descritos a seguir.

4.4.1 Determinação da Matéria Seca - MS

A determinação da Matéria Seca (MS) foi realizada seguindo a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

As amostras foram submetidas a aquecimento em uma estufa (Mod. S180 ST, Marca Biopar), à temperatura de 105°C, por 16h. Em seguida, as mesmas foram deixadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente e, então pesadas. O teor de matéria seca foi calculado por diferença de massa das amostras antes e após esse tratamento. Para calcular a percentagem de matéria seca utilizaram-se as eq. 1 e 2:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{[(\text{Massa inicial da amostra}) - (\text{massa final da amostra})]}{\text{Massa da amostra}} \times 100 \quad [\text{eq.1}]$$

$$\% \text{ Matéria seca} = 100 - \% \text{ Umidade} \quad [\text{eq.2}]$$

4.4.2 Determinação de Cinzas e Matéria Mineral - MM

A determinação de cinzas e matéria mineral foi realizada seguindo os procedimentos adotados por Silva e Queiroz (2002) como segue:

Os cadinhos de porcelana foram colocados na estufa a 105°C, e deixados secar durante pelo menos duas horas e esfriados em dessecador por 30 minutos. Pesou-se os cadinhos vazios e logo em seguida adicionou-se aproximadamente 1,0 g de amostra, anotando-se a massa exata.

As cinzas resultaram da incineração das amostras durante 2h, após a mufla (Mod. 0612, Fornos Jung) atingir a temperatura de 600°C. Após este tempo, esperou-se a temperatura atingir aproximadamente 250°C para então, transferir as amostras para um dessecador até atingir a temperatura ambiente e serem pesadas. Para calcular a percentagem de cinzas utilizou-se a eq. 3:

$$\% \text{Cinza} = \frac{[(\text{Massa amostra após incineração})]}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad [\text{eq.3}]$$

4.4.3 Determinação de Fibra Bruta - FB

Para determinação de fibra bruta as amostras foram pesadas aproximadamente 0,50g em saquinhos de tecido TNT (tecido não tecido), previamente tratados com acetona para retirar resíduos orgânicos presentes no mesmo, secos em estufa e identificados seguindo a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

Após a inserção das amostras, os mesmos foram selados por calor e acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde se inicia a primeira digestão com a adição da solução de ácido sulfúrico (0,255 N) sendo mantidos no equipamento por 30 min a 100°C.

Após esse tempo, os saquinhos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura $\geq 90^\circ\text{C}$) e novamente inseridos no aparelho, desta vez para realizar a digestão básica, sendo adicionada uma solução de hidróxido de sódio (0,313 N) e mantido em fervura por mais 30 min.

Após, os saquinhos foram removidos do equipamento e lavados com água destilada quente e com acetona e, foram levados à estufa por 24 h a 105°C. Da estufa foram colocados no dessecador até atingir a temperatura ambiente para serem pesados. Nesse ponto foi determinado o teor de fibra da amostra, seguindo a eq. (4):

$$\% \text{Fibra} = \frac{[(\text{Massa amostra após digestão})]}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad [\text{eq.4}]$$

Os saquinhos foram colocados em cadinhos (previamente secos em estufa e pesados) para serem submetidos à queima em mufla à temperatura de 500°C por 2 h. Os cadinhos removidos da mufla foram colocados em dessecador para posterior pesagem. A massa de cinzas resultantes dessa queima foi determinada através da eq. (5). Finalmente para calcular a percentagem de fibra bruta utilizou-se a eq. 6:

$$\% \text{Cinzas FB} = \frac{[(\text{Massa amostra após incineração})]}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad [\text{eq.5}]$$

$$\%FB = \%Fibra - \%Cinzas\ FB \quad [eq. 6]$$

4.4.4 Determinação de Fibra em Detergente Neutro - FDN

A determinação de Fibra em Detergente neutro (FDN) foi realizada seguindo os procedimentos adotados por Silva e Queiroz (2002) como segue:

As amostras de farelos foram pesadas em saquinhos de TNT previamente identificados, tratados com acetona e foram colocados em estufa. Os saquinhos contendo as amostras e selados por calor e foram acondicionados no aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde foi adicionada a solução de detergente neutro (sulfato láurico de sódio, ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA, tetraborato de sódio, fosfato de sódio dibásico, trietilenoglicol e água destilada). A amostra foi mantida nessas condições por 1h a 105°C.

Os saquinhos foram, então, removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura ≥ 90 °C) e com acetona. Os saquinhos foram levados à estufa por 24 h a 105 °C, depois colocados em dessecador até atingir a temperatura ambiente para serem pesados. Essa massa foi usada no cálculo da porcentagem de FDN.

Para calcular a porcentagem de FDN utilizou-se a seguinte eq. 7:

$$\%FDN = \frac{[(\text{Massa após digestão neutra})]}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad [eq.7]$$

As amostras usadas nessa análise foram preservadas para posterior análise sequencial da fibra em detergente ácido.

4.4.5 Determinação de Fibra em Detergente ácido - FDA

A determinação de Fibra em Detergente Ácido (FDA) foi realizada seguindo os procedimentos adotados por Silva e Queiroz (2002) como segue:

Os saquinhos de tecido TNT após análise de FDN, foram novamente acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde foi adicionado a solução de detergente ácido (brometo de cetil trimetilamônio, ácido sulfúrico concentrado e água destilada) mantido por 1 h a 105°C.

Após este tempo, os saquinhos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura ≥ 90 °C), depois com acetona e, então, quando evaporada a acetona foram levados à estufa por 24 h a 105°C. Da estufa foram colocados em dessecador até atingir a temperatura ambiente para serem pesados e realizar o cálculo da porcentagem de FDA.

As amostras desta análise não foram desprezadas, pois o conteúdo residual de cada um dos saquinhos foi utilizado posteriormente na análise de lignina.

Para calcular a porcentagem de FDA utilizou-se a eq. 8:

$$\%FDA = \frac{[(\text{Massa após digestão ácida})]}{\text{Massa da amostra FDN}} \times 100 \quad [\text{eq.8}]$$

4.4.6 Determinação de Lignina

A análise de lignina foi realizada através do método “permanganato” (SILVA; QUEIROZ, 2002). Os saquinhos de tecido TNT resultantes da análise de FDA foram abertos e cada amostra restante no interior do saquinho foi pesada em cadinhos filtrantes, previamente secos em estufa por 2h.

Os cadinhos filtrantes contendo os resíduos da fibra foram colocados em uma bandeja de vidro, com uma camada de água destilada de 2 a 3 cm de altura, de forma que a água possa atingir a parte inferior dos cadinhos.

Em seguida foi adicionada uma solução combinada de permanganato de potássio (mistura de solução de KMnO_4 com solução tampão 2:1 v/v) em cada cadinho filtrante, a fim de que o nível de água, na bandeja, seja o mesmo da solução nos cadinhos filtrantes. O conteúdo dos cadinhos foi mexido a cada 15 min. Para otimizar o contato do mesmo com a solução de permanganato. Esse procedimento foi repetido por 2 h, tendo-se o cuidado de manter o nível da solução de permanganato.

A coloração púrpura deve estar presente todo o tempo. Após filtração à vácuo os cadinhos filtrantes com os resíduos forma colocados em uma bandeja, com água, e então adicionados de 20 a 30 mL da solução de desmineralização (ácido oxálico, etanol, ácido clorídrico concentrado e água destilada). Depois de 10-15 min, até o resíduo ficar claro (cor amarela a branca). Os cadinhos foram novamente filtrados à vácuo.

Em seguida as amostras foram lavadas e filtradas sob vácuo com uma solução de etanol (30 mL) a 80% por três vezes. Lavou-se duas vezes, de maneira similar, com

acetona (30 mL). Os cadinhos filtrantes com os resíduos foram secados em estufa por 8 horas a 100 °C. Foram deixadas em dessecador para esfriar e pesadas.

As amostras foram preservadas para posterior análise de celulose.

Para calcular a percentagem de lignina utilizou-se a eq. 9:

$$\%Lignina = \frac{[(\text{Massa inicial amostra}) - (\text{Massa final amostra})]}{\text{Massa da amostra de FDN}} \times 100 \quad [\text{eq.9}]$$

4.4.7 Determinação de Celulose

A determinação de celulose foi realizada segundo Silva e Queiroz (2002).

Para se obter a quantidade de celulose a partir do resíduo de lignina, os cadinhos filtrantes usados na análise de lignina foram submetidos à queima em mufla a 500° C, por 3 h.

Após esse tempo aguardou-se a temperatura atingir aproximadamente 250°C para então, transferir-se as amostras para um dessecador até atingir temperatura ambiente e serem pesadas. Para calcular a percentagem de celulose utilizou-se a eq. 10:

$$\%Celulose = \frac{[(\text{Massa residual da amostra})]}{\text{Massa da amostra de FDN}} \times 100 \quad [\text{eq.10}]$$

4.4.8 Determinação de Proteína - PB

A determinação de Proteína Bruta foi realizada segundo Silva e Queiroz (2002).

A proteína bruta foi determinada pelo método clássico de Kjeldahl. Cada amostra foi pesada em tubo de Kjeldahl (em torno de 0,3 g) e posteriormente foi adicionado ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica (10 partes de sulfato de sódio e 1 parte de sulfato de cobre).

Os tubos foram colocados em bloco digestor (Mod. MA 4025/SCR, Marca Marconi), onde a temperatura foi gradualmente aumentada até atingir aproximadamente 350°C e o conteúdo do tubo apresentar uma coloração transparente/esverdeada. Esta condição foi atingida em torno de 4 h após início da digestão.

Uma prova em branco (apenas reagentes) foi conduzida juntamente com o teste, com o objetivo de eliminar interferência e contaminação dos reagentes e checar a correção dos parâmetros de digestão, respectivamente.

Ao final da digestão, e a amostra estando temperatura ambiente, adicionou-se uma pequena porção de água destilada (20-40 mL). Agitou-se até a dissolução e deixou esfriar.

Colocou-se, então, o tubo digestor com a amostra digerida em conexão com o equipamento de destilação (Mod. TE – 0363 Marca Tecnal), adicionou-se soda cáustica 50% (m/v). A amônia liberada nesta reação foi recolhida em solução de ácido bórico (até atingir cerca de 50 mL no Erlenmeyer) e, posteriormente titulada com ácido clorídrico padronizado até atingir coloração púrpura.

A percentagem de proteína foi obtida através da eq. 11.

$$\% \text{Proteína} = \frac{(V_{\text{gasto}} - V_{\text{branco}}) \times FC \times (N \times 14 \times 6,25) \times 100}{\text{Mamostra} \times 1000} \quad [\text{eq. 11}]$$

Onde:

Vgasto é o volume gasto na titulação em mL;

Vbranco é o volume gasto na titulação do branco em mL;

FC é o Fator de correção do ácido utilizado na titulação;

N é a Normalidade do ácido utilizado na titulação;

14 é o peso atômico do Nitrogênio;

6,25 é um fator de conversão de nitrogênio para proteína e

Mamostra é a massa da amostra em gramas.

4.4.9 Determinação de Extrato Etéreo ou Gordura – EE

A análise de gordura foi realizada pelo método a quente utilizando-se hexano como solvente (SILVA e QUEIROZ, 2002). Foi utilizado o aparelho determinador de óleos e graxas (Mod. MA 044/8/50, Marca Marconi), contendo copos de vidro conectados a condensadores.

As amostras foram pesadas em cartuchos preparados com filtro de papel, embrulhados em forma de trouxinha, de forma a não perder amostra e acondicionadas no equipamento. As amostras permaneceram mergulhadas em hexano durante o experimento.

Os copos reboiler (frascos de vidro) também foram pesados, tendo, em ambas as pesagens, cuidado para não transferir gordura ou outro resíduo para os copos, o que pode alterar o resultado final da amostra.

Os copos contendo a amostra mergulhada em hexano foram mantidos a temperatura de 85°C, quando o solvente entrou em refluxo. O refluxo foi mantido por 2 h, sendo então iniciada a recuperação do solvente. Os copos foram levados à estufa a 105°C por 15 min e, posteriormente, transferidos para um dessecador antes de proceder à pesagem dos mesmos.

O percentual de gordura foi calculado por diferença de massa dos copos reboiler antes e após esta extração. A percentagem da gordura foi obtida através da eq.12:

$$\% \text{gordura} = \frac{[(\text{Massa amostra após estufa}) - (\text{Massa inicial da amostra})]}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad [\text{eq.12}]$$

4.4.10 Determinação de Digestibilidade *in vitro*

Esta análise foi realizada segundo a metodologia de Silva e Queiroz (2002). Para a primeira etapa da análise de digestibilidade *in vitro*, as amostras foram pesadas em sacos de tecido TNT, previamente tratados com acetona, secos em estufa e numerados. Após inserção da amostra os mesmos foram selados por calor e colocados em tubos/potes, próprios para o ensaio. Foi adicionada aos tubos saliva artificial (solução tampão de Mc Dougall), e inóculo de rúmen; sempre na presença de gás carbônico sobre a superfície do conteúdo dos tubos com o intuito de se eliminar o oxigênio presente. Imediatamente os tubos foram fechados com rolhas de borracha equipada com válvula de Bunsen e incubados por 48 h a 39°C, em estufa de temperatura controlada, sofrendo agitações suaves através de giro constante.

Após as 48 h de digestão microbiana, iniciando a segunda etapa da análise, os tubos foram retirados da estufa e adicionado aos mesmos uma solução de ácido clorídrico 6 N e uma solução de pepsina 5% (m/v). Os tubos foram colocados de volta na estufa para nova incubação durante 24 h a 39°C, com agitação constante. Passado este tempo, os sacos foram retirados de dentro dos tubos e lavados em água corrente, levados à estufa a 55°C por uma noite, esfriados em dessecador e pesados. Uma prova em branco foi conduzida juntamente na análise e o cálculo, já em matéria seca, utilizado para os resultados seguiu a eq.13.

$$\% \text{ Digestibilidade } in \text{ vitro da matéria seca} = \frac{[A - (B - Br)]}{A} \times 100 \quad [\text{eq.13}]$$

onde,

A = (massa da amostra x matéria seca/100);

B = (massa saquinho após estufa – massa do saquinho vazio);

Br = (massa saquinho com a prova em branco após estufa – massa saquinho vazio).

4.5 TESTES DE UMIDADE

A variação de umidade de cada substrato está relacionada com a adsorção e absorção de água dos mesmos. O processo de miceliação é mais efetivo quando a amostra se apresenta em grumos e não em forma pastosa para que ocorra uma melhor aeração. A umidade ideal para o processo de bioconversão varia em torno de 70 a 75% de água (URBEN, 2004).

Na tentativa de conseguir níveis de umidade compatíveis com os recomendados na literatura (70-75%), foram realizados testes onde substância com conhecida propriedade de reter umidade foram usadas. Também usamos em alguns testes o cacho de macaúba triturado, contendo alto teor de fibra que poderia reter umidade nas amostras.

As tabelas abaixo (Tabelas 2, 3 e 4) resumizam as condições testadas e quantidade de umidade (%) para as amostras de farelo de soja e nabo forrageiro.

Tabela 2 – Avaliação da umidade nas amostras *in natura* para obtenção dos farelos miceliados.

Amostras	Quantidade (g)	H ₂ O * (mL)	Umidade (%)
Farelo de nabo forrageiro	15	13	50
Farelo de soja	15	18	56

* Volume de água adicionada na amostra

Para ambas as amostras o máximo de água adicionada para que as ficassem com aspecto de grumos foi 13 mL para nabo forrageiro e 18 mL para a soja, porém não se chegou à umidade teórica ideal para a miceliação. Aqui se deve cuidar o aspecto da amostra após adição de água, pois se a mesma apresentar aspecto pastoso pode inviabilizar o processo de miceliação dos fungos.

Com intuito de elevar a umidade das amostras realizaram-se testes de adsorção com dois materiais que ajudam a favorecer o aumento de porosidade e retenção de umidade: vermiculita e cacho de macaúba.

Tabela 3 – Avaliação da capacidade de absorção de umidade dos produtos utilizados como umectantes puros para obtenção de farelos miceliados.

Produto	Quantidade (g)	H ₂ O* (mL)	Umidade (%)
Vermiculita	2	70	84
Cacho de macaúba	2	70	77

* Volume de água adicionada nos produtos.

Os testes mostraram boa capacidade de retenção de umidade pelos produtos usados como umectantes tendo em vista que a umidade da vermiculita pura é de 9% e do cacho da macaúba 6% (antes de submetidos à hidratação), ou seja, nesses testes o cacho de macaúba adsorveu 71% de água e a vermiculita 75% (Tabela 3).

Verificada a capacidade de adsorção e retenção de água, os produtos utilizados como umectantes foram adicionados às amostras e realizados novos testes de umidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Avaliação da umidade das amostras com adição de produtos utilizados como umectantes para obtenção de farelos miceliados.

Amostras	Farelo(g)	Umectante (g)	H ₂ O (mL)	Umidade (%)
Farelo de nabo forrageiro + vermiculita	10	10	5	59
Farelo de soja + Vermiculita	15	15	15	65
Farelo de nabo forrageiro + cacho de macaúba	10	10	5	58
Farelo de soja + cacho de macaúba	10	1	15	57

Podemos observar na Tabela 4 que houve um aumento de umidade com a adição dos materiais usados como umectantes, porém não conseguimos atingir uma umidade ideal para a bioconversão.

Dessa forma, realizamos os procedimentos de miceliação das amostras com e sem umectantes.

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os parâmetros foram analisados para cada tratamento experimental utilizando-se o programa Microsoft Excel 2010, como ferramenta para aplicar à média e o desvio padrão das amostras, determinando-se os parâmetros relevantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS FARELOS

Uma boa mistura da ração parte do princípio de que o tamanho das partículas das amostras tenha uma distribuição normal com pouca variabilidade. Por isso, a granulometria dos ingredientes é um fator importante a ser considerado previamente à mistura. Vale salientar que não é somente o tamanho médio das partículas das amostras que é importante, mas também a variação no tamanho. Quando a granulometria está maior do que o recomendado o consumo de ração aumenta sem impactar o ganho de peso positivamente (BELLAVÉR; NONES, 2000).

De acordo com a Tabela 5, o tamanho de partícula para os farelos de soja e nabo forrageiro apresentaram uma distribuição percentual aproximadamente uniforme nas peneiras empregadas na análise.

Tabela 5 - Granulometria das amostras de farelo de soja e nabo forrageiro trituradas em liquidificador industrial.

Amostras	Peneiras (Tyler/mesh)				
	8	14	48	80	>80
Farelo de soja	6%	13%	50%	18%	1,9%
Farelo de nabo forrageiro	3%	11%	63%	20%	0,9%

5.2 OBTENÇÃO DO FARELO MICELIADO – BIOCONVERSÃO

Esse processo foi testado com três variações no procedimento (recipiente usado na miceliação – item 4.3). A seguir estão descritos os resultados das três variações empregadas, bem como o processo de adaptação das mesmas para obtenção de resultados mais satisfatórios. As medidas foram feitas em triplicatas e em todas as amostras foi empregado 0,30 g de fungo (Tabelas 6, 7 e 8).

Na variação 1 (Tabela 6) não foi utilizada a câmara de fluxo laminar, apenas o bico de Bunsen. As amostras foram acondicionadas em sacos transparentes de polipropileno e incubadas por 30 dias a 30°C para crescimento. No decorrer do processo de crescimento verificou-se o aparecimento de contaminação, como também ausência

de crescimento em algumas amostras. Diante disto, partiu-se para a segunda tentativa com a mudança de alguns procedimentos.

Tabela 6 – Variação 1 – Condições e quantidades de produto umectante usados no preparo de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja para miceliação com *P. Ostratus*.

Amostras	FNF (g)	FS (g)	CM (g)	Vermiculita (g)	H₂O (mL)	Recipiente	Resultado*
Amostra 1	10	—	—	—	3,3	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 2	5	—	—	5	2,5	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 3	5	—	5	—	2,5	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 4	—	10	—	—	8,7	Saco de polipropileno	Negativo

FNF = farelo de nabo forrageiro; FS = farelo de soja; CM = cacho de macaúba.

* Negativo: não se observou crescimento do fungo. Positivo: crescimento do fungo foi observado, mesmo que parcialmente.

Na variação 2 as quantidades das amostras foram modificadas, assim como o recipiente de incubação. Foram feitas triplicatas em sacos transparentes de polipropileno e em Erlenmeyer de 250 mL (Tabela 7). As amostras foram manipuladas em câmara de fluxo laminar e posteriormente incubadas em ambiente escuro com temperatura ambiente, variável por 30 dias.

Tabela 7 – Variação 2 – Miceliação de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja com *P. Ostreatus*.

Amostras	FNF (g)	FS (g)	Vermiculita (g)	H₂O (mL)	Recipiente	Resultado*
Amostra 5	30	—	—	40	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 6	30	—	—	40	Erlenmeyer	Positivo
Amostra 7	15	—	15	17	Saco de polipropileno	Positivo
Amostra 8	15	—	15	17	Erlenmeyer	Positivo
Amostra 9	—	30	—	40	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 10	—	30	—	40	Erlenmeyer	Positivo
Amostra 11	—	15	15	15	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 12	—	15	15	15	Erlenmeyer	Negativo

FNF = farelo de nabo forrageiro; FS = farelo de soja.

* Negativo: não se observou crescimento do fungo. Positivo: crescimento do fungo foi observado, mesmo que parcialmente.

Ao final do processo de incubação verificou-se que as amostras incubadas no Erlenmeyer (amostras 6, 8 e 10) obtiveram resultados positivos na miceliação (Figuras 3, 4 e 6). Contudo, nos sacos de polipropileno só houve crescimento na amostra 7 (nabo forrageiro com vermiculita) (Figura 5).

As amostras com resultados positivos de crescimento (figuras 3, 4, 5 e 6) foram encaminhadas às análises bromatológicas.

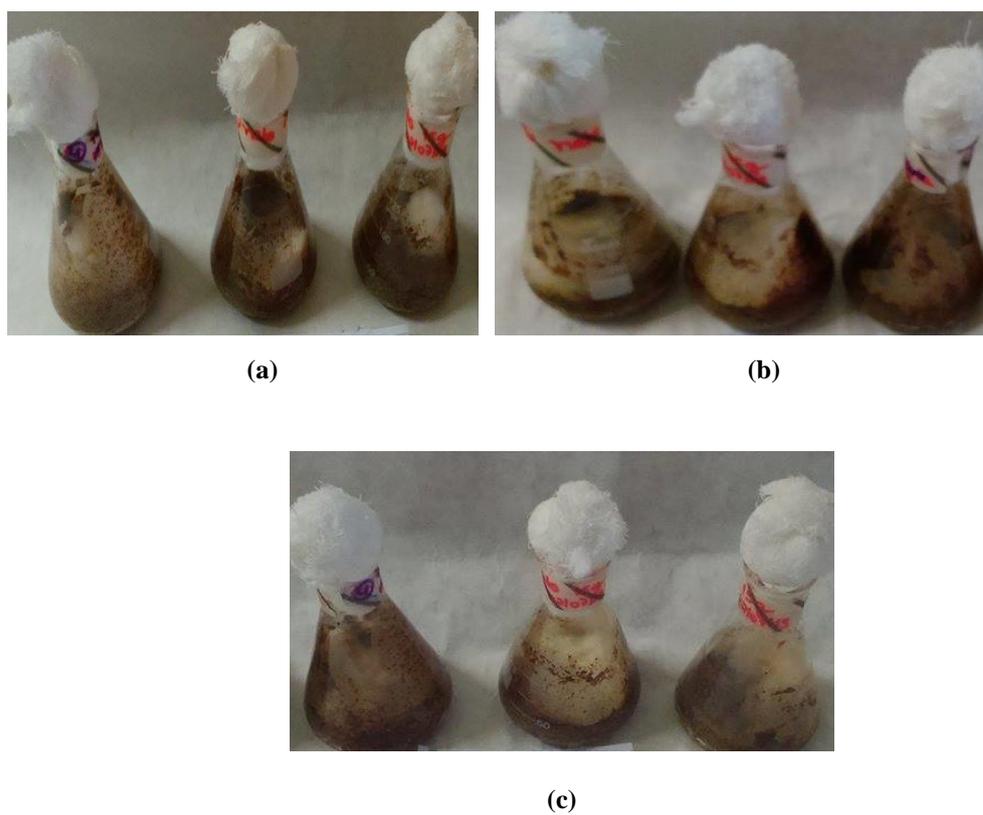


Figura 3 - Amostra (6) - farelo de nabo forrageiro no Erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação. **Fonte:** autor.

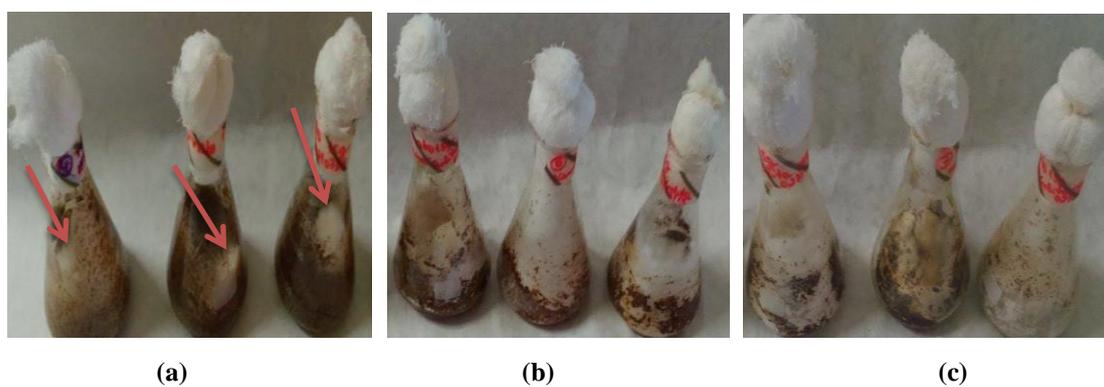


Figura 4 – Amostra (8) - farelo de nabo forrageiro com vermiculita no Erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação. **Fonte:** autor.

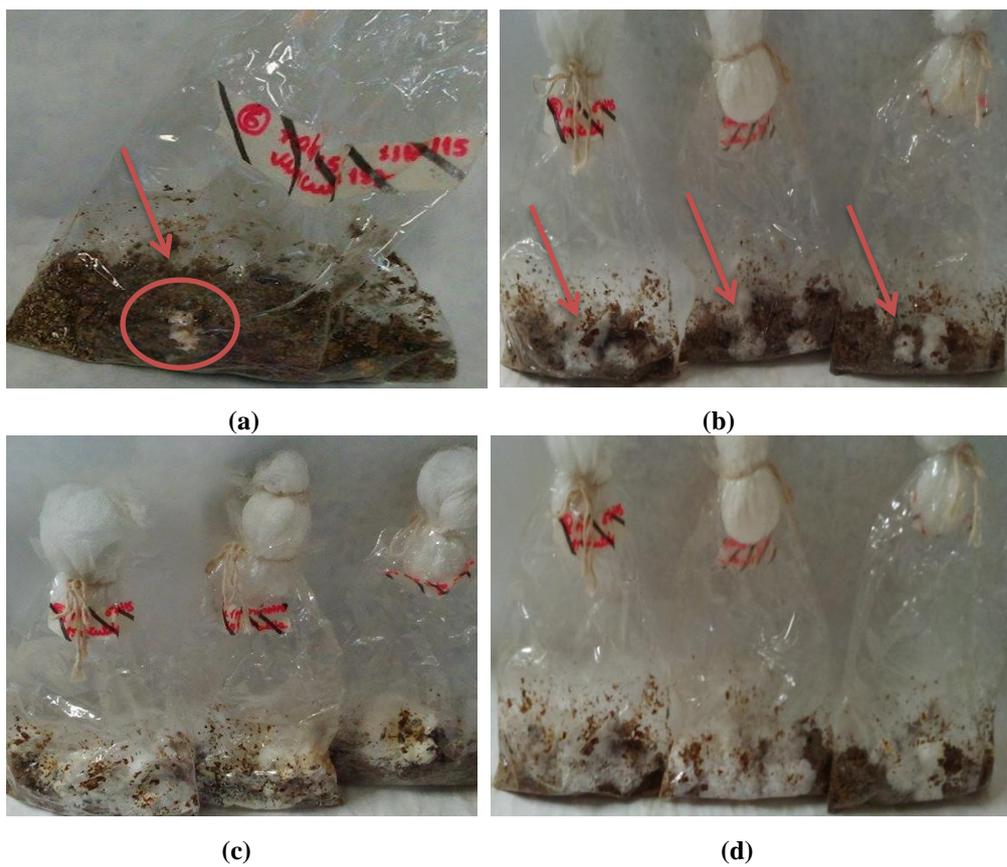


Figura 5 – Amostra (7) - farelo de nabo forrageiro com vermiculita no saco de polipropileno: (a) 2, (b) 6, (c) 15 e (d) 30 dias de incubação. **Fonte:** autor.

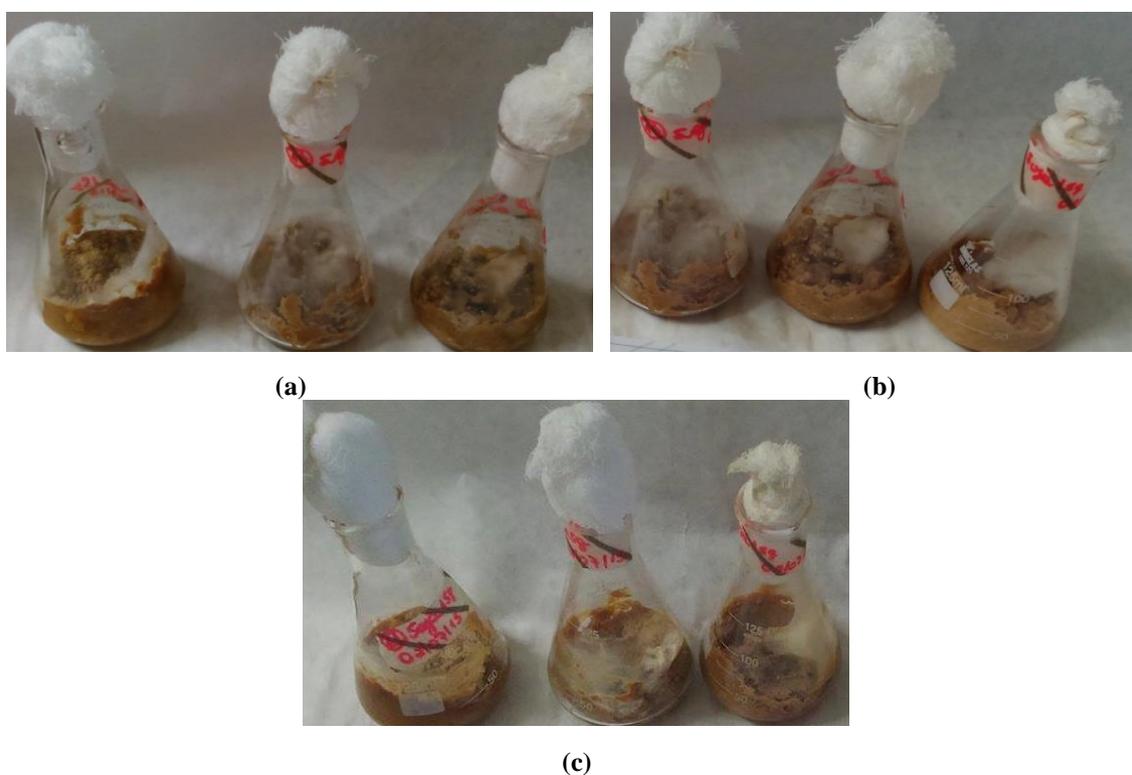


Figura 6 – Amostra (10) - farelo de soja no Erlenmeyer: (a) 6, (b) 18 e (c) 30 dias de incubação. **Fonte:** autor.

A fim de verificar a possibilidade de melhorar o crescimento nos sacos de polipropileno foi realizada uma terceira variação de inoculação utilizando placas de petri (Tabela 8). As placas de petri com as amostras foram colocadas dentro dos sacos de polipropileno para obter uma aeração melhor e incubadas em estufa a 25°C por 30 dias.

Tabela 8 – Variação 3 - Miceliação de amostras de farelos de nabo forrageiro e soja com *P. Ostreatus*.

Amostras	FNF (g)	FS (g)	CM (g)	H₂O (mL)	Recipiente	Resultado*
Amostra 13	30	—	—	30	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 14	30	—	15	10	Saco de polipropileno	Positivo
Amostra 15	—	30	—	30	Saco de polipropileno	Negativo
Amostra 16	—	30	15	10	Saco de polipropileno	Negativo

FNF = farelo de nabo forrageiro; FS = farelo de soja; CM = cacho de macaúba.

* Negativo: não se observou crescimento do fungo. Positivo: crescimento do fungo foi observado, mesmo que parcialmente.

Na variação 3 houve miceliação apenas no farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba (amostra 14) como podemos observar na Figura 7.

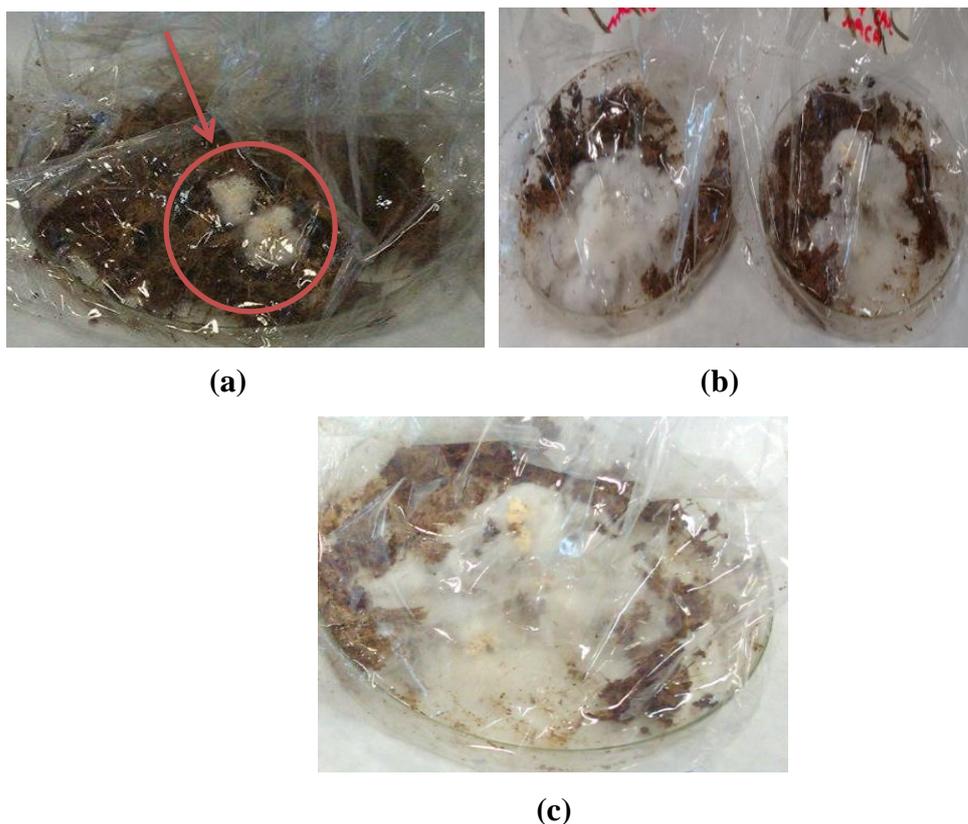


Figura 7 – Amostra (14) – farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba no saco de polipropileno + placa de petri: (a) 4, (b), 21 e (c) 30 dias de incubação. **Fonte:** autor.

Nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 podemos observar a miceliação do fungo nas três variações. Vale ressaltar que o crescimento do fungo não foi total em nenhuma amostra, ou seja, não se observou o consumo de todo substrato adicionado.

5.4 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS

Conforme Tabelas 9 e 10 podemos observar os resultados das análises referentes à caracterização inicial do farelo de soja, farelo de nabo forrageiro e cacho de macaúba em base úmida e base seca.

A discussão desses resultados será realizada baseando-se nos resultados em base seca.

Todos os alimentos, qualquer que seja o método a que tenham sido submetidos, contêm água em maior ou menor proporção. A matéria seca (MS) é toda fração do alimento excluída a água ou umidade natural. É considerada de suma importância, principalmente em alimentos que apresentam umidade variável. Na matéria seca é que estão contidos os nutrientes (carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitaminas).

Os resultados da análise química são apresentados com base na MS para permitir que diferentes alimentos sejam comparados quanto às suas características nutricionais, custo de nutrientes, etc., não levando em consideração a fração de água. A composição dos alimentos em tabelas, o cálculo das necessidades dos animais e o consumo de alimentos são expressos em porcentagem de matéria seca (SALMAN *et al.*, 2010).

Pode-se dizer que o farelo de soja apresentou um valor maior de cinzas, seguido do nabo forrageiro e, por último o cacho de macaúba. O teor de cinzas é indicativo da riqueza da amostra em elementos minerais. Quando se trata de produtos vegetais (forrageiras, rações, cereais, etc.), a determinação de matéria mineral tem relativamente pouco valor. Isso ocorre porque o teor da cinza oriunda de produtos vegetais fornece pouca informação sobre sua composição, uma vez que seus componentes, em minerais, são muito variáveis. Alguns alimentos de origem vegetal são, ainda, ricos em sílica, o que resulta em teor elevado de cinzas, todavia esse teor não apresenta nenhum valor nutritivo para os animais (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Tabela 9 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de soja e nabo forrageiro, em base úmida e base seca.

Análises (%)	Farelo de soja		Farelo de nabo forrageiro	
	Base úmida	Base seca	Base úmida	Base seca
Matéria seca	_____	91,57 ± 0,78	_____	94,54 ± 0,88
Cinzas	6,16 ± 0,09	6,71 ± 0,13	5,20 ± 0,10	5,53 ± 0,13
Proteína Bruta	41,27 ± 3,06	45,01 ± 3,34	40,21 ± 1,33	41,99 ± 1,50
Extrato Etéreo	3,44 ± 0,01	3,76 ± 0,02	6,02 ± 0,05	6,34 ± 0,01
Fibra Bruta	8,59 ± 1,43	9,38 ± 1,56	3,82 ± 0,17	4,00 ± 0,25
FDN	11,69 ± 0,49	12,77 ± 0,54	21,57 ± 1,63	22,81 ± 1,73
FDA	7,48 ± 0,38	8,40 ± 0,20	7,74 ± 0,24	8,19 ± 0,25
Lignina	1,23 ± 0,20	1,32 ± 0,30	2,79 ± 0,20	2,85 ± 0,14
Celulose	4,15 ± 0,18	4,56 ± 0,26	4,19 ± 0,49	4,59 ± 0,63
Digestibilidade	_____	98,61 ± 0,69	_____	93,51 ± 1,61

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido.

É de suma importância conhecer o valor proteico das silagens, volumosos, pois normalmente varia de acordo com o material a ser analisado. Essa proteína tem a função de complementar o déficit proteico do animal (RODRIGUES, 2010).

Como esperado, o farelo de soja apresentou maior índice proteico em relação ao nabo forrageiro (tabela 9).

O farelo de nabo forrageiro comparado com o farelo de soja apresentou maiores índices de fibras (FDN, FDA) e lignina. O cacho de macaúba apresentou valores mais elevados de fibras em relação às outras amostras.

A FDN indica a quantidade de fibra dentro do volumoso, que a relaciona com o consumo. Assim, quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de matéria seca. Já a FDA está relacionada com a digestibilidade, ou seja, a quantidade de fibra que não é digestível. É constituída na sua totalidade de lignocelulose, ou seja, lignina e celulose. O valor máximo permitido de FDA é de 21% de matéria seca da dieta. A FDA é considerada um indicador do valor energético onde quanto menor a FDA, maior o valor energético e os valores mais altos indicam menor digestibilidade. A lignina é a fração menos digestível da forrageira. A maioria dos vegetais contém, pelo menos, alguma fração de lignina que pode variar de 4 a 12 %, podendo chegar nas forragens mais fibrosas a 20 % de matéria seca (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Pode-se dizer então que teores elevados de fibra na dieta podem comprometer o desempenho nutricional do animal aumentando o enchimento ruminal e reduzindo o consumo de matéria seca. Sendo assim, o farelo de soja teve melhor desempenho nesses parâmetros (RODRIGUES, 2010).

A fibra bruta é inversamente relacionada com o teor de energia. Quanto maior o teor de fibra, menor será o valor da energia. É o teor de fibra que determina o consumo voluntário do animal. Os volumosos através da sua quantidade de fibra tem como papel dar consistência ao bolo alimentar, regulando a velocidade de passagem pelo trato digestivo. Quando a forrageira possui muita fibra, a passagem pelo trato digestivo fica lenta, ocasionando baixa digestão e absorção dos nutrientes. Já, quando possui pouca fibra, a passagem pelo trato digestivo é rápida, provocando fermentações indesejáveis, alterando o metabolismo do animal (RODRIGUES, 2010).

Nesse estudo observamos maior quantidade de fibra bruta no farelo de soja em relação ao de nabo forrageiro (Tabela 9). O cacho de macaúba também apresentou um teor de fibra bruta bem elevado, pelo fato de ser um vegetal rico em fibras e apresentou baixos valores de digestibilidade (Tabela 10).

Os parâmetros de digestibilidade de um alimento constitui fator determinante para a disponibilidade de seus nutrientes aos animais, norteados o balanceamento

adequado de dietas para suprir as demandas de manutenção e produção dos mesmos (DETMANN *et al.*, 2006).

Tanto o farelo de soja quanto o de nabo forrageiro apresentaram elevados índices de digestibilidade, com leve predominância para o farelo de soja.

A avaliação quantitativa de extrato etéreo em alimentos constitui um parâmetro importante para avaliações nutricionais e de processamento, pois o teor de gordura em um alimento pode influenciar no seu armazenamento, uma vez que esta constitui fração bastante instável. Assim, alimentos ricos em gorduras se rancificam facilmente quando não manejados corretamente. O teor de gordura do alimento é fundamental na formulação de rações por ser responsável pelo valor energético mais elevado do que as demais frações do alimento. Porém o ruminante apresenta certas limitações no aproveitamento de dietas com alto teor de gordura, pois estas acarretam modificações nos padrões de fermentação ruminal podendo afetar a degradação e absorção dos nutrientes (SILVA; QUEIROZ, 2002; PAULA, *et al.*, 2012).

Valadares (2006) relata valores de extrato etéreo para farelo de nabo forrageiro de 3,41 % e farelo de soja 1,85 %. Valores esses bem menores em relação aos apresentados na Tabela 9. Valores maiores de gordura já eram esperados, pois nosso farelo foi obtido da extração não exaustiva de óleo, o que comumente ocorre nos procedimentos comerciais.

Tabela 10 – Análises bromatológicas do cacho de macaúba, em base úmida e base seca.

Análises (%)	Cacho de macaúba	
	Base úmida	Base seca
Matéria Seca	_____	93,55 ± 0,11
Cinzas	6,10 ± 0,11	6,54 ± 0,15
Proteína Bruta	1,64 ± 0,38	1,76 ± 0,41
Extrato Etéreo	_____	_____
Fibra Bruta	52,95 ± 1,33	56,17 ± 1,73
FDN	78,56 ± 0,32	83,82 ± 0,34
FDA	55,49 ± 0,47	59,56 ± 0,34
Lignina	15,71 ± 0,13	16,79 ± 0,14
Celulose	64,26 ± 0,65	68,68 ± 0,70
Digestibilidade	_____	26,65 ± 1,28

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS ENRIQUECIMENTO COM *P. Ostreatus*.

As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam os resultados obtidos das análises em base úmida e base seca após o crescimento micelial das amostras de farelo de soja, farelo de nabo forrageiro, farelo de nabo forrageiro com vermiculita e farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba. A discussão desses resultados será baseada nos resultados em base seca.

Comparando-se os valores obtidos nas análises dos farelos de soja, nabo forrageiro e cacho de macaúba da caracterização inicial (Tabelas 9 e 10) com os resultados obtidos nas análises dos farelos de soja, nabo forrageiro com vermiculita e nabo forrageiro com cacho de macaúba após bioconversão com o fungo *P. ostreatus* (Tabelas 11,12 e 13), observa-se um aumento de proteína bruta (Figuras 8 e 9).

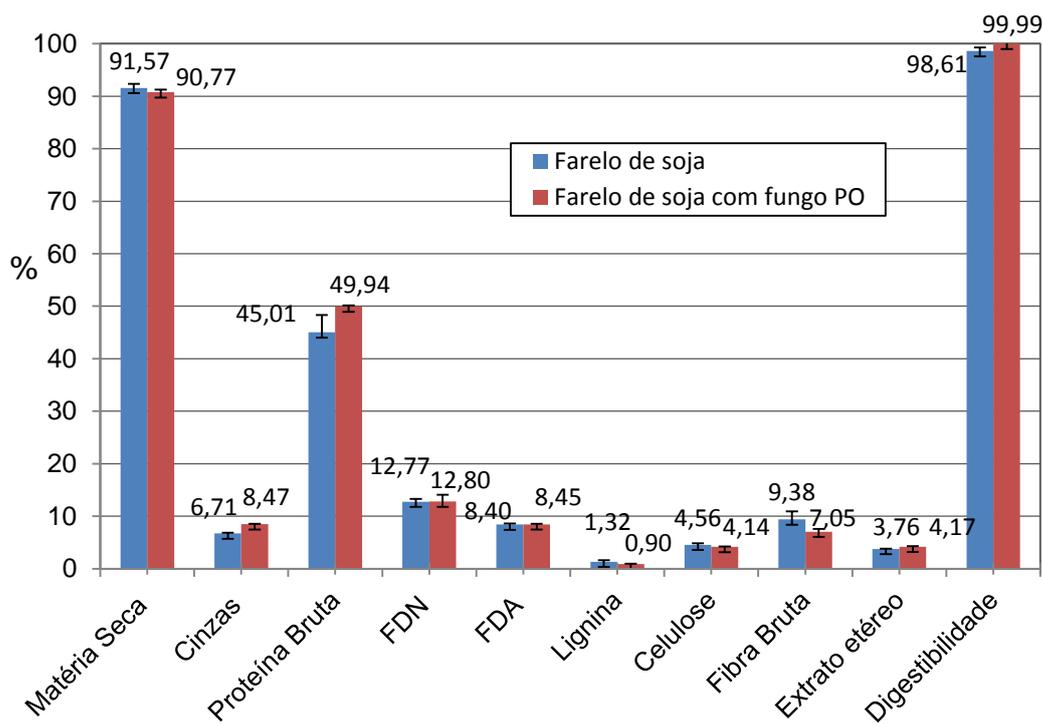


Figura 8 – Resultados dos parâmetros analisados para o farelo de soja *in natura* e após bioconversão com fungo PO (*Pleurotus ostreatus*) em base seca.

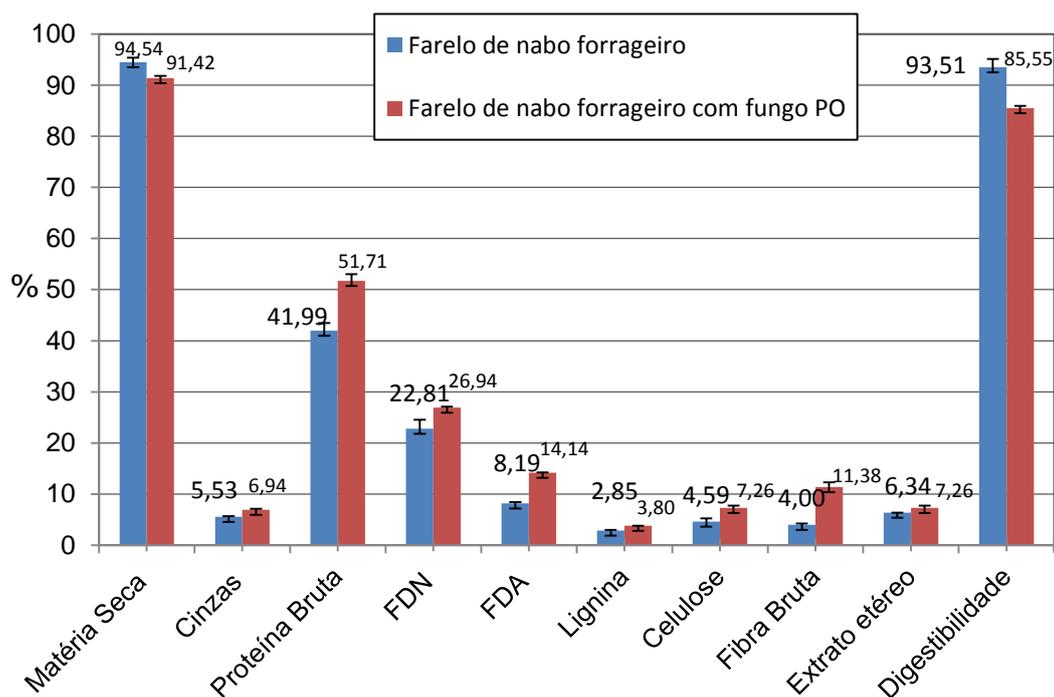


Figura 9 – Resultados dos parâmetros analisados para o farelo de nabo forrageiro *in natura* e após bioconversão com fungo PO (*Pleurotus ostreatus*) em base seca.

Os farelos tiveram um aumento proteico significativo. O de soja aumentou de 45,01% para 49,94%. O de nabo forrageiro de 41,99% para 51,71%. Farelo de nabo forrageiro com vermiculita no Erlenmeyer apresentou 50,50% de proteína, e no saco de polipropileno 50,30%. Já no farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba não se observou um aumento proteico, onde de 41,99% foi para 40,31%, possivelmente pela substituição de parte da massa do farelo na amostra por cacho de macaúba, que apresenta apenas 1,76% de proteína.

Esses farelos podem ser classificados como concentrado proteico (PB > 20% na matéria seca) (SALMAN, *et al.*, 2010).

É importante registrar que o aumento do teor proteico foi maior (aproximadamente 10%) no farelo de nabo forrageiro que no farelo de soja (aproximadamente 5%), o que o habilita a substituir o farelo de soja em dieta animal.

Tabela 11 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de soja e nabo forrageiro, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo *Pleurotus ostreatus*, miceliado em erlenmeyer.

Análises (%)	Farelo de soja		Farelo de nabo forrageiro	
	Base úmida	Base seca	Base úmida	Base seca
Matéria Seca	_____	90,77 ± 0,48	_____	91,42 ± 0,40
Cinzas	7,66 ± 0,07	8,47 ± 0,09	6,36 ± 0,12	6,94 ± 0,18
Proteína Bruta	45,34 ± 0,21	49,94 ± 0,23	47,27 ± 1,19	51,71 ± 1,30
Extrato Etéreo	3,74 ± 0,12	4,17 ± 0,13	6,46 ± 0,43	7,26 ± 0,47
Fibra Bruta	6,40 ± 0,48	7,05 ± 0,53	10,41 ± 0,81	11,38 ± 0,89
FDN	12,15 ± 1,24	12,80 ± 1,29	24,63 ± 0,12	26,94 ± 0,13
FDA	7,67 ± 0,11	8,45 ± 0,12	12,67 ± 0,45	14,14 ± 0,11
Lignina	0,87 ± 0,10	0,90 ± 0,05	3,32 ± 0,27	3,80 ± 0,01
Celulose	3,76 ± 0,06	4,14 ± 0,07	6,64 ± 0,41	7,26 ± 0,45
Digestibilidade	_____	99,99 ± 3,15	_____	85,55 ± 0,43

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido.

Tabela 12 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de nabo forrageiro com vermiculita em erlenmeyer e saco de polipropileno, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo *Pleurotus ostreatus*.

Análises (%)	Farelo de nabo forrageiro + vermiculita ¹		Farelo de nabo forrageiro + vermiculita ²	
	Base úmida	Base seca	Base úmida	Base seca
Matéria Seca	_____	91,28 ± 0,75	_____	90,12 ± 0,75
Cinzas	20,91 ± 1,30	22,14 ± 0,70	23,59 ± 1,48	26,96 ± 1,32
Proteína Bruta	46,10 ± 0,37	50,50 ± 0,40	47,60 ± 1,86	50,30 ± 1,50
Extrato Etéreo	1,34 ± 0,22	1,35 ± 0,17	1,15 ± 0,33	1,28 ± 0,36
Fibra Bruta	11,50 ± 0,76	12,60 ± 0,84	7,28 ± 0,11	8,08 ± 0,13
FDN	28,39 ± 1,97	31,10 ± 2,15	30,47 ± 0,44	33,59 ± 0,43
FDA	10,74 ± 0,06	11,76 ± 0,07	13,65 ± 0,06	15,15 ± 0,06
Lignina	2,56 ± 0,15	2,71 ± 0,04	2,59 ± 0,41	2,87 ± 0,46
Celulose	5,33 ± 0,22	5,89 ± 0,31	5,17 ± 0,12	5,73 ± 0,13
Digestibilidade	_____	71,35 ± 2,11	_____	66,06 ± 0,71

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido.

1= Erlenmeyer; 2= saco de polipropileno.

Tabela 13 – Análises bromatológicas dos resíduos da extração do óleo de farelo de nabo forrageiro com cacho de macaúba em saco de polipropileno, em base úmida e base seca, enriquecidos com fungo *Pleurotus ostreatus*.

Farelo de nabo forrageiro + cacho de macaúba¹		
Análises (%)	Base úmida	Base seca
Matéria Seca	_____	91,15 ± 0,13
Cinzas	5,50 ± 0,03	6,04 ± 0,03
Proteína Bruta	36,74 ± 1,38	40,31 ± 1,52
Extrato Etéreo	2,77 ± 0,27	3,04 ± 0,29
Fibra Bruta	16,61 ± 0,46	18,22 ± 0,50
FDN	49,94 ± 0,82	54,79 ± 0,90
FDA	28,46 ± 1,26	31,22 ± 1,38
Lignina	7,91 ± 0,48	8,68 ± 0,53
Celulose	16,78 ± 1,61	18,40 ± 1,76
Digestibilidade	_____	60,53 ± 0,70

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido.

¹ = saco de polipropileno + placa de petri.

Pode-se dizer então que além desses farelos já serem considerados de alto valor proteico, como observado nas Tabelas 9 e 10, ainda houve um incremento de proteína no substrato após bioconversão provocada pelo fungo. O aumento proteico ocorre pelo fato de que, durante a solubilização e a degradação dos substratos, o fungo acaba liberando proteínas do seu próprio metabolismo que, conseqüentemente, misturam-se ao meio (CARVALHO, *et al.*, 2014).

Observou-se também um aumento bastante considerável no teor de cinzas em relação à caracterização inicial, em todos os tratamentos analisados (Tabelas 11, 12,13). Esse aumento de cinzas está relacionado com a constante utilização de matéria orgânica pelo fungo, dessa forma liberando minerais para o substrato (CARVALHO, *et al.*, 2014).

Em relação aos teores de gordura ou extrato etéreo (EE), nota-se que no farelo de soja não houve um aumento significativo. No farelo de nabo forrageiro puro se observa um aumento de 6,34% para 7,26%. Porém no farelo de nabo forrageiro e suas misturas observou-se valores menores no teor de gordura (tabelas 12 e 13). Isso já era

esperado, pois os teores de gordura dos aditivos umectantes são muito baixos (cacho de macaúba) ou inexistentes (vermiculita).

A inclusão de níveis muito elevados de óleo nas rações pode apresentar efeitos negativos e inibitórios na fermentação ruminal comprometendo o consumo e a digestibilidade dos nutrientes. Pode-se dizer que os farelos de soja e nabo forrageiro, antes e após o processo de bioconversão, estão dentro dos parâmetros recomendados (PAULA, *et al.*, 2012), ou seja, em torno de 6 - 7% de EE na MS.

Em relação ao teor de fibra bruta, o farelo de soja apresentou uma redução de 9,38% para 7,05%. Os valores dos resultados de FDN e FDA mantiveram-se constantes. Quanto ao farelo de nabo forrageiro e suas misturas observou-se aumento significativo em seus valores de fibra bruta, FDN e FDA (Figura 8 e 9).

Segundo Rodrigues, *et al.*, (2010) os níveis de FDN em silagem de milho variam bastante, porem é considerado um bom nível ao redor de 50%. Atualmente, com base em pesquisas, estabeleceu-se, por exemplo, que o consumo total de FDN nas vacas em lactação deve ficar em 1,2% do seu peso vivo, em que 75% devem ser oriundos dos volumosos (silagem, pastagem, feno) e 30% nas rações.

Para Signoretti (2011), o conteúdo mínimo de fibra nas rações de vacas no início de lactação devem ser 18% a 20% de fibra em detergente ácido (FDA), e de 27% a 30% de fibra em detergente neutro (FDN). Cerca de 75% do FDN deve ser proveniente da forragem. Esse procedimento assume tamanho de partícula da forragem adequado para garantir 9 a 11 horas de mastigação e ruminação.

Assim sendo, mesmo com as variações apontadas anteriormente, os farelos de soja e nabo forrageiro apresentaram bons resultados nas análises de fibras.

O teor de lignina e celulose no farelo de soja não apresentou variação considerável após tratamento com o fungo. Nos farelos de nabo forrageiro e suas misturas verificou-se aumento desses valores. O aumento mais significativo foi na mistura com cacho de macaúba (Tabelas 9 e 13), mas já era esperado devido ao alto teor de celulose no aditivo.

A presença de lignina e celulose nos resíduos agroindustriais limita a utilização dos mesmos em nutrição de ruminantes. O fungo *P. ostreatus* tem a capacidade de degradar materiais lignocelulósicos. A redução da fração fibrosa do substrato se dá pelo fato de que o fungo tem afinidade com resíduos ricos em lignina e celulose, pois utilizam seu complexo enzimático para degradar essa matéria prima, permitindo que os

nutrientes presentes no resíduo se tornem mais assimiláveis por suas células. (CARVALHO, *et al.*, 2014).

A digestibilidade no farelo de soja já era alta antes da bioconversão e apresentou leve aumento. Entretanto, no farelo de nabo forrageiro puro e suas misturas verificou-se uma redução significativa da digestibilidade quando os agentes umectantes foram adicionados, principalmente quando se empregou o cacho de macaúba.

Para formulação de ração animal a digestibilidade é um dos fatores importantes, pois influencia na quantidade de ração ingerida e absorvida, e também indica um melhor ou pior desempenho da qualidade da ração elaborada (MARIN, *et al.*, 2003).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises após enriquecimento dos substratos com o fungo *P. ostreatus* foram comparados com os dos substratos não enriquecidos e mostraram-se promissores. Em todos os parâmetros avaliados, os farelos de soja e nabo forrageiro na forma *in natura* e após bioconversão apresentam potencial para utilização na formulação de dietas para ruminantes, com altos teores de proteína bruta e fibras alimentares.

No quesito proteína bruta o farelo de nabo forrageiro mostrou-se bastante promissor, pois apresentou valores maiores que o farelo de soja, após tratamento com o fungo.

Dessa forma, o processo de bioconversão do farelo de nabo forrageiro com o fungo *P. ostreatus* mostrou-se bastante eficiente, pois pode produzir aditivo altamente proteico e comercialmente mais viável que o farelo de soja, que atualmente é amplamente empregado em formulação de ração animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=plano-nacional-de-residuos-solidos&area=NS0zLTM=>. Acesso em: 10.mar.2016.

AKINFEMI, A. *et al.* Bioconversion of maize husk into value added ruminant feed by using white-rot fungus. **Revista UDO.** v. 9, n. 4, p. 972-978, 2009.

BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da Granulometria, da Mistura e da Peletização da Ração Avícola. **Palestra apresentada no IV Simpósio Goiano de Avicultura.** 27/4/2000. Goiânia- GO.

BENTO, C. B. P.; CASARI, K. B. P. B. Bioconversão de Resíduos Agroindustriais Lignocelulósicos por fungos Causadores da Podridão Branca: uma Alternativa à Produção de Alimentos. v. 14, n. 19, p. 151-180, jan./jun., 2012.

BONATTO, Z. *et al.* Cinética Ruminal: Relação com Co-produtos e Tratamentos Físicos e/ou Químicos das Matérias Primas. **RAMVI.** Getúlio Vargas/RS. v. 01, n. 02, julh./ dez. 2014.

CAMPOS, C.S; ARAUJO, L. M.; ANDRADE, M.C.N. Análise físico-química e composição nutricional da matéria prima e de substratos pré e pós cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Interciência.** v. 35, n.1, p. 70-76, jan., 2010.

CARDOSO, J. C. P. *et al.* Cultivo de Cogumelo Comestível *Pleurotus Ostreatus* em Bagaço de Bociúva e de Cana-de-açúcar pela Técnica Jun-Cao. **Evidência.** Joaçaba v. 13 n. 1, p. 31-40, janeiro/junho 2013.

CARVALHO, G.G.P. *et al.* Comportamento Ingestivo de Cabras Leiteiras Alimentadas com Farelo de Cacau ou Torta de dendê. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.39, n.9, p.919-925, 2004.

CARVALHO, C.S.M. *et al.* Análise Bromatológica e Química de Substratos à Base de Resíduos de Bananeira antes e após o Cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Ambiência.** Guarapuava (PR) v.10 n.3 p. 755 - 768 Set/Dez. 2014.

CASTRO, AL.A. *et al.* Avaliação das Alterações Bromatológicas e de Degradabilidade do Resíduo de Lixadeira do Algodão após Tratamento Biológico com *Pleurotus sajor-caju*. **Ciências agrotecnológicas.** Lavras, v. 28, n. 3, p. 608-613, maio/jun., 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira de Grãos.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: fev. 2016.

Composição Química e Bromatológica Dos Alimentos (Cqbal 3.0) Disponível em: <<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>. Acesso em: 15. jan.2016.

COSTA; R.V. *et al.* Girassol (*Helianthus annuus* L.) e seus coprodutos na alimentação animal. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. Maringá, v. 9, n. 7, p. 303-320, Jul., 2015.

CULTURA DO NABO FORRAGEIRO. **Circular técnico Cati**; n1, 2003. Disponível em: < www.cati.sp.gov.br >. Acesso em: 02. nov.2015.

DETMANN, E. *et al.* A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa. v. 35. n. 4. p. 1469-1478, 2006.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012.

DÍAZ, C.C; CARVAJAL, R. E. Eficiência Biológica de *Pleurotus ostreatus* Cultivado em Fibra de Palma de Aceite. **Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria**. v.12, n. 1, p. 63-70, jun., 2014.

Earnshaw, D.M. *et al.* Growth and Yield of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Grown on Different Substrates Ammended with Varying Levels of Wheat Bran. **International Journal of Life Sciences**. v. 1, n. 4, p. 111-117, 2012.

EMBRAPA. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>. Acesso em: 02. Nov. 2015

EMBRAPA. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html. Acesso em: 26. Set. 2015.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso 27. nov. 2015.

FADEL, M.; EL-GHONEMY, D.H. Biological fungal treatment of olive cake for better utilization in ruminants nutrition in Egypt. **Int J Recycl Org Waste Agricult** v.4, p. 261–271, 2015.

FORTALEZA, A.P.S., *et al.* Degradabilidade ruminal In Situ dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 481-496, abr./jun. 2009.

GARCEZ, *et al.* Características Nutricionais de Ingredientes de Dietas para Animais de Produção. **Revista Eletrônica Nutritime**. v. 11, n. 2, p. 3257-3267, março/abril, 2014.

GOES, R.H.T.B., *et al.* Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.

JONATHAN, S. G. *et al.* Bioconversion of sorghum stalk and rice straw into value added ruminant feed using *Pleurotus pulmonarius*. **Nature and Science**, v.10, n.4, p. 10-16, 2012.

JUNIOR, G. L. M. *et al.* Qualidade da Fibra para a Dieta de Ruminantes. **Ciência Animal**. v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

LUZ, J.M.R. *et al.* Production of edible mushroom and degradation of antinutritional factors in jatropha biodiesel residues. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 575-580, 2013.

MARIN, C. M. *et al.* Fatores que Podem Influenciar a Digestibilidade dos Alimentos em Ruminantes. **Ciências Agrárias da Saúde**. Andradina, v. 3, n. 1, p. 64-68, jan/jun. 2003.

MARTINEZ, A. P. C. *et al.* Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.31, p.23-30, 2011.

MENEZES, C.R.; BARRETO, A.R. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 2, mai./ago., p. 1365-1391, 2015.

MODA, E. M. *et al.* Uso de Peróxido de Hidrogênio e Ácido Cítrico na Conservação de Cogumelos *Pleurotus Sajor-caju In Natura*. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 2, p. 291-296, abr./jun.2005.

MOTA, C. J.A.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**. v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

NAYAK, B.K., *et al.* Effect of substrate and environmental parameters on the production of oyster mushroom in Pondicherry. **Scholars Research Library**. v. 7, n. 8, p. 74-79, 2015.

OLIVEIRA, R. L. *et al.* Biodiesel industry by-products used for ruminant feed. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**. v.25, 4, p. 625-638, 2012.

OLIVEIRA, R. L. *et al.* Alimentos Alternativos na Dieta de Ruminantes. **Revista Científica Produção Animal**. v. 15, n. 2, p. 141-160, 2013.

OMEN, R. L. R. *et al.* Evaluación de Residuos Agrícolas como Substrato para la Producción de *Pleurotus ostreatus*. **Revista Luna Azul**. n. 37, p. 89-100, jul./dez., 2013.

PATIL, S.S. *et al.* The Nutritional Value of *Pleurotus ostreatus* (jacq.:fr.) kumm Cultivated on different Lignocellulosic Agrowastes. **Innovative Romanian Food Biotechnology**. v. 7, p. 66-76, set. 2010.

PAULA, E. F. E. *et al.* Óleos vegetais na nutrição de ruminantes. **Revista eletrônica nutritime**. v. 9, n. 6, p. 2075 – 2103, 2012.

PAZ, M.F. *et al.* Determining the basic composition and total phenolic compounds of *Pleurotus sajor-caju* cultivated in three different substrates by solid state bioprocess. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 3, n. 12, p. 11-14, maio, 2012.

REVELLO, C. Z. P. Avaliação do Valor Nutricional de Resíduos do Processamento da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e de seus produtos de Bioconversão. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2014.

RODRIGUES, F.V; RONDINA; D. Alternativas de Uso de Subprodutos da Cadeia do Biodiesel na Alimentação de Ruminantes: Glicerina Bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.7, n.2, p.91-99, 2013.

RODRIGUES, R.C. Métodos de Análises Bromatológicas de Alimentos: Métodos Físicos, Químicos e Bromatológicos. **Embrapa Clima Temperado**. Pelotas, RS. Dez.2010.

ROSTAGNO, H.S, *et al.* Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. **Universidade Federal de Viçosa** .Viçosa, MG. p. 252, 2011.

SALMAN, A.K.D, *et al.* Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. 2010. 26 fs. ISSN 0103-9865. **EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Porto Velho, RO. Maio de 2010.

SIGNORETTI, R. D. Qualidade do leite: interpretação dos resultados de sólidos totais. **Scot Consultoria**, 27 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22150/qualidade-do-leite-interpretacaodos-resultados-de-solidos-totais.htm>>. Acesso em 12. Mar. 2016.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2002.

SOUZA, A.R.D.L. Dieta com alto teor de gordura e desempenho de tourinhos de grupos genéticos diferentes em confinamento. **Pesquisa agropecuária. Brasileira**. Brasília. v.44, n.7, p.746-753, jul. 2009.

SOUZA, V. L. *et al.* Substituição Parcial de Farelo de Soja por Ureia Protegida na Produção e Composição do Leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1415-1422, 2010.

URBEN, A. F. Produção de Cogumelos por meio de Tecnologia Chinesa Modificada. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Brasília, 2004.

VALADARES FILHO, S.C., *et al.* Tabelas Brasileiras de composição de alimentos para ruminantes. **Viçosa**: Universidade Federal de Viçosa, MG, 2006.

YILDIZ, S. *et al.* Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom. **Process Biochemistry**. n.38, p. 301-306, 2002.