

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

CLAUDIOMIRA ZARDO PALACIO REVELLO

**BIOCONVERSÃO DE RESÍDUOS DO
PROCESSAMENTO DA MACAÚBA (*Acrocomia
aculeata*) PELOS FUNGOS *Pleurotus ostreatus* E
Pleurotus sajor-caju COMO INDICAÇÃO DE USO
PARA INSUMO EM RAÇÃO ANIMAL**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

DOURADOS/MS
FEVEREIRO/2018

CLAUDIOMIRA ZARDO PALACIO REVELLO

**BIOCONVERSÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO
DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) PELOS FUNGOS
Pleurotus ostreatus E *Pleurotus sajor-caju* COMO
INDICAÇÃO DE USO PARA INSUMO EM RAÇÃO
ANIMAL**

Orientadora:

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

Co-orientador:

Prof. Dr. Marcelo Fossa da Paz

Tese 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 doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental, na área de concentração Tecnologia Ambiental.

Dourados/MS

FICHA CATALOGRÁFICA

TERMO DE APROVAÇÃO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R451b Revello, Claudiomira Zardo Palacio
BIOCONVERSÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA MACAÚBA (Acrocomia aculeata) PELOS FUNGOS Pleurotus ostreatus E Pleurotus sajor-caju COMO INDICAÇÃO DE USO PARA INSUMO EM RAÇÃO ANIMAL [recurso eletrônico] / Claudiomira Zardo Palacio Revello. -- 2018.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Rozanna Marques Muzzi .
Coorientador: Marcelo Fossa da Paz.
Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Macaúba.. 2. Acrocomia aculeata. 3. Bioconversão. 4. Pleurotus ostreatus. 5. Pleurotus sajor-caju.. I. Muzzi, Rozanna Marques. II. Paz, Marcelo Fossa Da. III. Título.

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

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

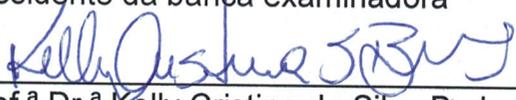


Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a tese intitulada: **“Bioconversão de resíduos do processamento da macaúba (*Acromia aculeata*) pelos fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* como indicação de uso para insumo em ração animal”**, de autoria de **Claudiomira Zardo Palacio Revello**, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.



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

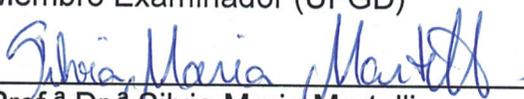


Prof.^a Dr.^a Kelly Cristina da Silva Brabes
Membro Examinador (UFGD)

Prof.^a Dr.^a Farayde Matta Fakhouri - (participação remota)
Membro Examinador (UFGD)



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



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

Dourados/MS, 26 de fevereiro de 2018.

Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
Área de Concentração: TECNOLOGIA AMBIENTAL
Linha de Pesquisa: Tecnologias Limpas na Produção e na Transformação de Materiais

**DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA - SÍNCRONA - EM BANCA DE DEFESA DE DOUTORADO/
UFGD**

Às 13h30min do dia 26/02/2018, participei de forma síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da banca de Defesa da Tese de Doutorado do candidato **Claudiomira Zardo Palacio Revello**, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pelo candidato, formalizo para fins de registro, por meio deste, minha decisão de que o candidato pode ser considerado: APROVADO (Aprovado(a) ou Reprovado(a)).

Atenciosamente,



Farayde Matta Fakhouri

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

*“Deus não perguntará quantas coisas boas
você fez na vida e sim quanto AMOR você
colocou naquilo que fez”.*

Madre Teresa de Calcutá

*Ao meu esposo Jaime Humberto e nossos filhos:
Maria Victória e Luis Fernando com todo meu amor*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as graças e bênçãos em todos os dias da minha vida. Por iluminar o meu caminho e me tornar cada dia mais firme na fé. Agradeço ao meu Deus pela sua compaixão, pela sua graça, pela sua bondade e por seu amor que estão sempre presentes, sustentando-me nos momentos mais difíceis. SENHOR, MUITO OBRIGADO, TENHO TIDO MUITO MAIS DO QUE PEDI OU ESPERAVA TER!!!

Ao meu marido, Jaime Humberto, grande incentivador dos meus estudos de pós-graduação, que mais uma vez contribuiu de maneira tão especial em todo o trabalho, por ter dedicado seu tempo para mim, me ouvido e aconselhado... eu sei que posso contar com você sempre, e é assim que eu te amo... para todo o sempre!!!

Aos meus filhos, Maria Victória e Luis Fernando, seres que mais amo na vida... o melhor de mim... meu tudo. Vocês são a melhor e maior de todas as bênçãos que Deus me proporcionou, vocês são meus tesouros, meu orgulho, minha motivação diária. _ Filhos, assim como esta frase que vocês me dizem “TE AMO INFINITO, DESDE POUCO ATÉ BASTANTE, TODOS OS NÚMEROS”, assim também de abrangente é o meu amor por vocês!!!

Aos meu pai Aldemiro e minha mãezinha Elvira, que são meu amparo e meu aconchego. Que estão, fisicamente, tão distantes de mim, mas são meu porto seguro... meus maiores exemplos de honestidade, dignidade e integridade. Meu orgulho por terem constituído uma FAMÍLIA fundamentada em uma base sólida de verdadeiro amor. Vocês são tudo para mim!

A cada um de meus irmãos(ãs), cunhados(as) e em geral a toda a família Zardo, pelo amor que nos une e nos torna fortes. A gente pode não se falar frequentemente, mas todos estão sempre em minhas orações, com a certeza da troca das maiores energias positivas, incentivo e apoio mesmo que em silêncio!!!

Aos meus sobrinhos(as) que amo como filhos, um amor extraordinariamente transbordante, o verdadeiro amor ágape – E não posso deixar de citar o nome de Guilherme Zardo Klein quem me auxiliou com as traduções para o inglês. Obrigada por serem tão especiais comigo e com minha família. Vocês tem uma tia com quem podem contar sempre!

Aos meus sogros, Humberto e Maria Victoria pela força e carinho que mesmo tão distantes fisicamente se fizeram sempre presentes.

À minha Pequena Comunidade Santo Antônio do Edifício Estoril, por cada momento compartilhado baseado em amor e fé. Juntas somos fortes!!!

A dona Tereza Vieira, minha querida vizinha, um pouco minha mãe... um ser cheio de luz, amor, coerência e tranquilidade contagiante. Obrigado pela amizade, por me receber na sua casa e na sua vida. Você é muito importante para mim!!!

A tantas outras amigas que fizeram os meus dias mais suaves, em especial a Janaina Ohlweiler... minha irmã de coração, minha confidente e fiel companheira de chimarrão... de risos... de choros... de conselhos... Valeu!!!

A minha orientadora, Prof^ª. Rozanna Muzzi, e ao Professor Marcelo Paz, meu co-orientador. Obrigado pela confiança, pelo apoio e respeito durante todos esses anos de estudo. Foi uma honra tê-los por perto no meu cotidiano!!!

Aos colegas do grupo de pesquisa, em especial a Márcia Alves da Silva, que dividiu comigo sua experiência como biomédica, acompanhando-me incansáveis vezes na repetição dos testes que contaminaram. Obrigada pelas risadas, pela troca de informações das mais variadas possíveis, pelas dicas (enxaqueca, nosso assunto favorito) e pelo carinho. Conte comigo também!!!

A todo pessoal do Laboratório de Nutrição Animal da UFGD, em especial ao professor Rafael Henrique de Tonissi Buschinelli de Goes pela gentileza em disponibilizar seu laboratório e, as técnicas Gisa e Phaena, pela valiosa ajuda na parte experimental, na preparação de minhas soluções, na execução de análises e pelas produtivas conversas entre um teste e outro. Obrigada por toda a atenção recebida!!!

A todos que contribuíram de uma forma ou de outra, para a realização deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Resumo dos dados de geração de resíduos na agroindústria para as principais culturas brasileiras, ano base 2009.....	25
Tabela 2	- Produtividades médias no Brasil em óleos, farelos e proteínas associadas a diferentes oleaginosas. Valores expressos em base seca.....	33
Tabela 3	- Condições de produção do <i>Pleurotus ostreatus</i> em diferentes substratos.	49
Tabela 4	- Resultados das análises bromatológicas realizadas na polpa e nos resíduos da extração do óleo de macaúba (<i>A. aculeata</i>) em base úmida...	58
Tabela 5	- Resultados das análises bromatológicas realizadas na polpa e nos resíduos da extração do óleo de macaúba (<i>A. aculeata</i>) em base seca.....	59
Tabela 6	- Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, em base úmida e seca.....	62
Tabela 7	- Resultados das análises bromatológicas realizadas nas amostras de polpa mais epicarpo de macaúba (<i>A. aculeata</i>), na sua forma integral e o farelo após extração do óleo, oriundos de despoldadeira mecânica - em base úmida e seca.....	63
Tabela 8	- Umidades testadas nas amostras, fungo utilizado e resultado da miceliação.....	65
Tabela 9	- Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base úmida, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, miceliados com os fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Pleurotus sajor-caju</i>	73
Tabela 10	- Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, miceliados com os fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Pleurotus sajor-caju</i>	74
Tabela 11	- Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Pleurotus</i>	

		sajor-caju (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.....	75
Tabela 12	-	Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com cacho da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Pleurotus sajor-caju</i> (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.....	77
Tabela 13	-	Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com epicarpo da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> e <i>Pleurotus sajor-caju</i> (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.....	78
Tabela 14	-	Condições de produção do <i>Pleurotus ostreatus</i> em diferentes substratos.	82
Tabela 15	-	Comparação da Eficiência Biológica (EB) de cogumelos <i>Pleurotus</i> produzidos na mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba com os resultados de outros trabalhos.....	90
Tabela 16	-	Resultados das análises bromatológicas realizadas nas amostras de cogumelo puro, substrato puro e mistura de substrato mais cogumelo - em base úmida e seca.....	91
Tabela 17	-	Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa da macaúba, na proporção 1:1, não miceliado (Tabela 6), miceliado com o fungos <i>Pleurotus ostreatus</i> pelo período de 30 dias (Tabela 10) e miceliado com o mesmo fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> pelo período de 80 dias (Tabela 16) aplicando teste de Tukey.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Palmeira macaúba.....	30
Figura 2	- Características químicas de partes do fruto da macaúba e respectivas proporções média em relação ao fruto inteiro, sendo endocarpo (EN), mesocarpo (ME), epicarpo (EP), e endosperma (ED), de frutos de macaúba. Valores em base seca.....	32
Figura 3	- Fluxograma simplificado do processo de obtenção das amostras.....	39
Figura 4	- Frutos da Macaúba descascados (a); cascas(b); polpa (c) e endocarpo + castanha (d).....	40
Figura 5	- Processo de extração do óleo para obtenção dos farelos (a); Farelos da polpa e da amêndoa da macaúba (b).....	41
Figura 6	- Epicarpo da macaúba seco em estufa (a); Epicarpo moído (b).....	41
Figura 7	- Cacho da macaúba seco após remoção dos frutos (a); Cacho cortado em partes menores (b); Cacho moído (c).....	42
Figura 8	- Descrição de todas as amostras que fizeram parte da pesquisa e foram caracterizadas através de análises bromatológicas.....	44
Figura 9	- Descrição de todas as amostras que foram utilizadas no processo de miceliação com fungos.....	45
Figura 10	- Material preparado dentro da câmara de fluxo laminar (a); inoculação do <i>spawn</i> em cada amostra (b).....	46
Figura 11	- Fluxograma dos procedimentos para cultivo de cogumelos utilizando o farelo de amêndoa e a mistura de farelos de amêndoa e polpa (1:1).....	47
Figura 12	- Recipiente com água deixadas as amostras para frutificação (a); local em que amostras ficaram expostas (b).....	48
Figura 13	- Fluxograma do fracionamento analítico dos alimentos de acordo com o sistema de Weende proposto por Henneberg, em 1864.....	57
Figura 14	- Amostras em autoclave (a), amostra após retirada da autoclave (b) e, após esterilização do material e inoculação do fungo, através de adição de pequena quantidade de <i>spawn</i> do mesmo (c).....	67
Figura 15	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa: (a) quarto, (b) décimo primeiro e (c) décimo quinto dia de incubação, respectivamente.....	68

Figura 16	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus sajor-caju</i> nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa: (a) quarto, (b) décimo segundo, (c) décimo sétimo e (d) vigésimo primeiro dia de incubação, respectivamente.....	68
Figura 17	- Crescimento gradativo de ambos os fungos nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa (1:1): (a) <i>Pleurotus ostreatus</i> - vinte e oito dias e (b) <i>Pleurotus sajor-caju</i> - trinta dias de incubação, respectivamente.....	69
Figura 18	- Amostra do farelo com o fungo já incorporado, após 30 dias de incubação (a) e o mesmo após secagem em estufa (b).....	69
Figura 19	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras de mistura do farelo da polpa com cacho e epicarpo da macaúba respectivamente: (a) segundo, (b) oitavo, (c) décimo sexto, (d) vigésimo e (e) vigésimo nono dias de incubação.....	70
Figura 20	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus sajor-caju</i> nas amostras de mistura do farelo da polpa com cacho e epicarpo da macaúba: (a) quarto, (b) sétimo, (c) décimo sétimo, (d) vigésimo primeiro e (e) trigésimo dia de incubação, respectivamente.....	71
Figura 21	- Exemplificação da contaminação fúngica ocorrida em dois testes.....	72
Figura 22	- Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (<i>Pleurotus ostreatus</i>) e PS (<i>Pleurotus sajor-caju</i>).....	76
Figura 23	- Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelo da polpa e cacho da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (<i>Pleurotus ostreatus</i>) e PS (<i>Pleurotus sajor-caju</i>).....	78
Figura 24	- Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelo da polpa e epicarpo da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (<i>Pleurotus ostreatus</i>) e PS (<i>Pleurotus sajor-caju</i>).....	79
Figura 25	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba: (a) segundo, (b) quinto, (c) décimo segundo, (d) décimo quinto, (e) vigésimo terceiro e (f) trigésimo dia de incubação, respectivamente.....	82
Figura 26	- Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo <i>Pleurotus</i>	

		<i>ostreatus</i> nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba: (a) quarenta, (b) cinquenta e (c) sessenta e oito dias de incubação, respectivamente....	83
Figura	27	- Crescimento gradativo do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras da mistura dos farelos da amêndoa e polpa da macaúba: (a) segundo, (b) quinto, (c) décimo segundo, (d) décimo quinto, (e) vigésimo terceiro e (f) trigésimo dia de incubação, respectivamente.....	84
Figura	28	- Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras da mistura dos farelos da amêndoa e polpa da macaúba: (a) quarenta, (b) cinquenta e (c) sessenta e oito dias de incubação, respectivamente.....	84
Figura	29	- Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba, setenta e cinco dias após início da miceliação: (a) com os primeiros primórdios de frutificação, (b) amostras removidas dos sacos plásticos e (c) local em que as amostras permaneceram para crescimento do corpo de frutificação, respectivamente.....	85
Figura	30	- Crescimento do corpo de frutificação: (a) primeiro dia, (b) segundo dia e (c) terceiro dia.....	86
Figura	31	- Crescimento do corpo de frutificação: (a) e (b) quarto dia.....	87
Figura	32	- Crescimento do corpo de frutificação: (a) e (b) quinto dia.....	88
Figura	33	- Cogumelos colhidos: (a), (b) e (c) quantidade individual de cada amostra da triplicata.....	89
Figura	34	- Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba: sem fungos, após inoculação com fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> pelo período de 30 dias e 80 dias respectivamente.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	- centímetros
DIVMS	- Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca
EE	- Extrato Etéreo
FB	- Fibra Bruta
FDA	- Fibra em Detergente Ácido
FDN	- Fibra em Detergente Neutro
FES	- Fermentação em Estado Sólido
L	- Litros
m	- metros
MJ	- megajoules
MM	- matéria mineral
MS	- Matéria seca
PB	- Proteína Bruta
PO	- <i>Pleurotus ostreatus</i>
PS	- <i>Pleurotus sajor-caju</i>

GLOSSÁRIO

Bioconversão: é um processo de transformação de determinada matéria-prima envolvendo células vivas, como em processos fermentativos utilizando microorganismos ou parte dessa célula como as enzimas (WOICIECHOWSKI et al., 2013).

Co-produtos são os produtos de um processo de produção conjunta, cujo faturamento é considerado significativo para a empresa, também chamando de produtos principais. (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Subproduto>, visualizado em 08/02/2017).

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (LEI N° 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (LEI N° 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Subprodutos: são os produtos de um processo de produção conjunta com menos importância em relação ao faturamento. O que diferencia os subprodutos das sucatas é que aqueles têm condição de comercialização, ou seja, sua venda é praticamente certa, mas seu faturamento é insignificante. Ex: nos frigoríficos são subprodutos os ossos, os chifres e os cascos do boi . (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Subproduto>, visualizado em 08/02/2017).

RESUMO

Nesse trabalho foram caracterizados os farelos da amêndoa e da polpa da macaúba, bem como o cacho e o epicarpo e misturas proporcionais destes enfatizando as principais propriedades dos frutos dessa palmeira como: cinzas, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, lignina, celulose, fibra bruta, extrato etéreo e digestibilidade *in vitro*. A biodegradação por microrganismos também foi contemplada neste trabalho em virtude da capacidade que algumas espécies de fungos têm em colonizar diferentes tipos de resíduos, normalmente pobres em nutrientes e ricos em fibras não digeríveis, e melhorar suas propriedades, em especial o teor de proteína. O farelo da polpa, o farelo da amêndoa e as misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba foram submetidos ao processo de miceliação por microrganismos do gênero *Pleurotus* com a finalidade de se obter um composto mais indicado na formulação de rações animais. Das amostras estudadas destacam-se os resultados do processo de bioconversão com as misturas de farelos da polpa e amêndoa, assim como as misturas de farelo da polpa com cacho e epicarpo, todos na proporção 1:1, que foram as únicas que apresentaram resultados positivos na miceliação, com ambos os fungos, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*. As amostras de polpa, farelo da polpa, polpa mais epicarpo oriundos de despoldadeira mecânica, bem como seu farelo, não apresentaram nenhum vestígio de crescimento dos fungos. Apenas a mistura de farelo da polpa com amêndoa passou de volumoso (FB > 18% na matéria seca) para concentrado (FB < 18% na matéria seca) e classificado como proteico (PB > 20% na matéria seca), porém, para todas as amostras houve um aumento considerável de cinzas, proteína e digestibilidade em relação à caracterização inicial, ou seja, sem fungo. A produção de *Pleurotus ostreatus* em amostras de farelo de amêndoa puro e mistura de farelo de amêndoa com farelo da polpa da macaúba foi incrementada no trabalho devido à relativa facilidade de sua produção e, também, por representar uma alternativa de alimento para consumo humano ou animal. Este gênero de fungos abrange ampla variedade de substratos sobre os que é capaz de crescer, permitindo o impacto positivo de cultivar fungos aproveitando resíduos agropecuários. A frutificação da mistura de farelos da polpa e amêndoa ocorreu após 80 dias decorridos da miceliação inicial, porém o farelo de amêndoa pura não frutificou. O cultivo resultou com eficiência biológica (EB) de 34,42% e, o valor encontrado para a proteína bruta do cogumelo produzido ficou em 33,11%.

Palavras-chave: frutos do Cerrado, macaúba, farelo de macaúba; *Acrocomia aculeata*, alimentação animal, bioconversão, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*.

ABSTRACT

In this present work the almond bran and macaúba pulp were characterized as well as the bunch and the epicarp and proportional mixtures of these, emphasizing the main properties of the fruits of this palm such as: ash, raw protein, fiber on neutral and acid detergent, lignin, cellulose, raw fiber, ethereal extract and in vitro digestibility. Biodegradation by microorganisms has also been contemplated in this framework due to the ability of some species of fungi to colonize different types of wastes, usually the ones that are nutrient deficient and rich in nondigestible fibers, and also to improve their properties, especially on protein levels. The pulp bran, the almond bran and the mixtures of the pulp bran with almond bran, bunch and macaúba epicarp were submitted to the micelliation process by microorganisms of the genus *Pleurotus* in order to obtain a more indicated compound in the formulation of animal feed. From the studied samples, the results of the bioconversion process with blends of pulp and almond meal, as well as blends of bran of the pulp with bunch and epicarp, all in the ratio 1: 1, which were the only ones that showed positive results in mycelium, with both fungi, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. Samples of pulp, pulp meal, pulp plus epicarp from mechanical pulp, as well as their bran, showed no trace of fungus growth. Only the mixture of bran pulp with almond went from voluminous (FB > 18. 20% of dry matter) to concentrated (FB < 18% of dry matter) and reported as protein (CP > 20% of dry matter) had a considerable increase in ash, digestibility and protein regard to the initial characterization, in other words, no fungus. The production of *Pleurotus ostreatus* in samples of pure almond bran and mixture of almond bran with macaúba pulp bran was increased at work due to the relative ease of its production and also because it represents an alternative food for human or animal consumption. This genus of fungi covers a wide variety of substrates on which it is able to grow, allowing the positive impact of cultivating fungi taking advantage of agricultural residues. The fruiting of the pulp and almond bran mixture occurred after 80 days after the initial micelliation, but the pure almond meal did not fruit. The cultivation resulted in biological efficiency (EB) of 34.42% and the value found for the raw protein of the mushroom produced was 33.11%.

Keywords: Cerrado fruits, macaúba, bran macaúba; *Acrocomia aculeata*, animal feed, bioconversion, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS COMO FORMA DE REDUZIR IMPACTOS AMBIENTAIS	23
3.1.1 Farelos Utilizados Como Alimento Animal	26
3.1.2 A Macaúba	29
3.2 COGUMELOS COMESTÍVEIS E USO EM BIOCONVERSÃO	34
CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS	39
4.1.1 Farelo da Polpa e Farelo da Amêndoa do Fruto da Macaúba	40
4.1.2 O Epicarpo do fruto da Macaúba	41
4.1.3 O Cacho da Macaúba	42
4.1.4 As Misturas de Substratos	42
4.1.5 Polpa e Epicarpo adquiridos de despoldadeira mecânica	43
4.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS	44
4.2.1 Preparo das amostras	45
4.2.2 Inoculação e crescimento micelial	46
4.3 PRODUÇÃO DE COGUMELOS	47
4.4 ANÁLISES PARA CARACTERIZAÇÃO INICIAL, APÓS ENRIQUECIMENTO COM FUNGO E PRODUÇÃO DE COGUMELOS	49
4.4.1 Análises do Teor Nutricional	49
4.4.1.1 Matéria Seca	49
4.4.1.2 Cinzas ou Matéria Mineral	50
4.4.1.3 Proteína Bruta	50
4.4.1.4 Fibra em Detergente Neutro	51
4.4.1.5 Fibra em Detergente Ácido	51
4.4.1.6 Lignina	52
4.4.1.7 Celulose	53
4.4.1.8 Extrato Etéreo ou Gordura	53
4.4.1.9 Fibra Bruta	54
4.4.1.10 Digestibilidade <i>in vitro</i>	55

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	56
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS	58
5.1.1 Caracterização da Polpa, Farelo da Polpa, Farelo da Amêndoa, Epicarpo e Cacho da Macaúba.....	58
5.1.2 Caracterização das Misturas de Substrato - Farelo da polpa com: Farelo de Amêndoa, Cacho e Epicarpo.....	62
5.1.3 Caracterização da Polpa mais Epicarpo Despoldadeira.....	63
5.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS.....	64
5.2.1 Variação da Umidade.....	64
5.2.2 Etapa de Esterilização e Inoculação com Fungos.....	66
5.2.3 Etapa de Crescimento Micelial.....	67
5.2.3.1 Crescimento Micelial da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa.....	67
5.2.3.2 Crescimento Micelial da Mistura de Farelos da Polpa e Cacho (1:1) e Farelo da Polpa e Epicarpo (1:1)	69
5.2.3.3 Crescimento Micelial Interrompido por Contaminações	72
5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS TRATAMENTO COM FUNGOS.....	73
5.3.1 Comparação dos Resultados dos Tratamentos Com e Sem Fungos.....	74
5.4 CULTIVO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	81
5.4.1 Crescimento Micelial do Farelo de Amêndoa Puro	82
5.4.2 Crescimento Micelial da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa.....	83
5.4.3 Produção de Cogumelos a partir da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa...86	86
5.4.3.1 Colheita	88
5.4.3.2 Caracterização das Amostras do Cultivo de Cogumelos.....	90
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

No Brasil, os biomas Cerrado e Pantanal apresentam rica biodiversidade de espécies frutíferas com potencial em escala comercial, quer seja nos setores alimentício, farmacêutico e oleoquímico, destacando-se palmáceas que apresentam vantagens como maior produtividade por hectare, poucas exigências no cultivo e aproveitamento integral da planta (CICONINI, 2012).

A macaúba, segunda oleaginosa mais produtiva em relação à quantidade de óleo por hectare, com rendimento em torno de 20% de óleo no fruto fresco, é uma palmeira de ampla distribuição em ambos os biomas, destacando-se pelo valor nutricional do fruto *in natura* e na qualidade dos produtos que podem ser obtidos nas diversas fases de seu processamento industrial (CETEC, 1983).

Dos subprodutos gerados no processamento desses frutos para produção de óleo, destacam-se os farelos da polpa e da amêndoa, bem como o epicarpo ou casca - parte mais externa do fruto - que podem ser destinados, por exemplo, a alimentação animal. No geral, os resíduos são compostos por vitaminas, minerais, fibras, compostos antioxidantes e nutrientes, porém na maioria das indústrias eles são desperdiçados, apesar do grande potencial para novas e ricas fontes alimentares, bem como a contribuição com a preservação ambiental (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Estudos de Evaristo et al. (2016), afirmam que os resíduos do fruto da macaúba possuem grande potencial energético, especialmente o endocarpo e o epicarpo e são destaque como forma de reduzir a dependência energética de fontes não renováveis.

O aproveitamento de inúmeras toneladas de resíduos gerados da agroindústria tem sido considerado um procedimento sustentável, de interesse econômico e ambientalmente viável, havendo a necessidade da investigação científica e tecnológica que possibilite sua utilização eficiente, econômica e segura (SOUSA et al., 2011).

Os ruminantes, de forma geral, têm a capacidade de aproveitar fontes alimentares não utilizáveis por monogástricos, pois o rumem, pela sua microbiota,

tem a capacidade de transformar resíduos vegetais em nutrientes. Dessa forma, a utilização racional de resíduos tais como, bagaços, farelos, cascas, caroços, na dieta alimentar de ruminantes pode contribuir para redução dos custos com a alimentação, o qual equivale a 70% dos custos da atividade deixando, ainda, de ser uma fonte de lixo orgânico (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

Os coprodutos da agroindústria utilizados como fontes alternativas de proteína para a nutrição de ruminantes estão em ascensão, pois podem substituir os alimentos convencionais, como milho e soja, que também podem ser utilizados na alimentação de animais não ruminantes e de humanos, reduzindo-se o custo de alimentação (MENDONÇA et al., 2015; SINDHU et al., 2016). No entanto, as tortas ou farelos oriundos da extração de óleo de fontes não tradicionais, não tem atenção especial voltada ao intuito de valorização financeira, principalmente pelo desconhecimento das potencialidades nutricionais e possibilidade de elevação da margem de lucro para os produtores (GOES et al., 2016).

Mesmo que o crescimento animal seja dependente de fatores genéticos e ambientais, sabe-se que a eficiência alimentar também desempenha um importante fator no desenvolvimento dos mesmos, sobretudo quando se considera o uso de rações que possibilitem o máximo desempenho, devendo-se neste caso levar em consideração não apenas um único nutriente presente, mas o conjunto deles, bem como suas interações e ingestão máxima (SALMAN et al., 2010).

Visando o aproveitamento dos resíduos oriundos do processo de extração de óleos da macaúba em alimentação animal, nesse trabalho foram caracterizados os farelos da amêndoa e da polpa da macaúba, bem como o cacho e o epicarpo. Misturas proporcionais do farelo da polpa com: farelo de amêndoa, epicarpo e cacho também foram realizadas. Esta caracterização inicial realizada permite prever as propriedades nutricionais desse resíduo em relação aos principais parâmetros que interferem no desempenho do animal como, a composição bromatológica e a digestibilidade dos nutrientes, citadas normalmente como fatores mais limitantes nos ingredientes de uma dieta.

A bioconversão é um processo de transformação de determinada matéria-prima envolvendo células vivas, como em processos fermentativos utilizando microrganismos ou parte dessa célula como as enzimas (WOICIECHOWSKI et al.,

2013). Este processo biotecnológico com cultivo em estado sólido foi aplicado neste trabalho às amostras da macaúba, servindo estas como substrato.

A utilização de microrganismos para bioconverter resíduos agrícolas em produtos com alto teor nutricional, principalmente, aumentando proteínas, vitaminas e a digestibilidade (JONATHAN et al., 2012), é uma excelente opção para agregar valor a esses resíduos.

Diante do exposto e da preocupação com novas alternativas de substrato para o cultivo de cogumelos no Brasil, dando prioridade aos resíduos produzidos na própria região aproveitando as características particulares de cada um e, colaborando para evitar o desperdício destes durante a cadeia produtiva, este trabalho focou em aprofundar as melhores condições de crescimento dos fungos, bem como as misturas dos resíduos disponíveis no laboratório de pesquisa favorecendo alguns avanços na tecnologia de cultivos.

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar algumas características químicas dos resíduos da extração do óleo da macaúba, miceliados e não miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, verificando sua potencialidade na utilização como insumo animal, bem como o cultivo de cogumelos a partir do fungo *Pleurotus ostreatus*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os parâmetros bromatológicos da polpa da macaúba, do farelo da polpa e amêndoa, além do epicarpo e cacho que serão utilizados como percentuais de mistura, aproveitando assim, as características particulares de cada resíduo;
- Avaliar o potencial de desenvolvimento (miceliação) de dois tipos de fungos comestíveis, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, nas amostras do farelo da polpa e amêndoa da macaúba, bem como nas variações destes com misturas de epicarpo e cacho;
- Avaliar os parâmetros nutricionais do farelo da polpa e amêndoa, bem como destes com misturas proporcionais de epicarpo e cacho, após enriquecimento por técnicas de bioconversão (miceliação de fungos comestíveis);
- Submeter o farelo da polpa e amêndoa como substratos para o cultivo de cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus*;
- Avaliar a qualidade nutritiva dos cogumelos cultivados quanto aos parâmetros bromatológicos.

CAPÍTULO 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS COMO FORMA DE REDUZIR IMPACTOS AMBIENTAIS

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de produtos agropecuários, sendo o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, etanol de cana-de-açúcar e suco de laranja. Além disso, lidera o *ranking* das vendas externas do complexo soja (farelo, óleo e grão) (BRASIL, 2016).

No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo era brasileiro. A projeção do Ministério da Agricultura é que, até 2030, um terço dos produtos comercializados seja do Brasil, em função da crescente demanda dos países asiáticos.

Cabe salientar que este principal segmento da economia brasileira aporta benefícios ao país, como geração de empregos, maior contribuição ao desenvolvimento, mais alimentos e riqueza; entretanto, um dos principais entraves ocasionados por este crescimento são os impactos ao meio ambiente, onde, os resíduos gerados pelas indústrias de alimentos e seu posterior destino ou tratamento, levando-se em conta a quantidade, degradabilidade, toxicidade, nem sempre são contemplados nas etapas do planejamento industrial (IPEA 2012; NASCIMENTO FILHO e FRANCO, 2015).

O Brasil, em virtude do enorme consumo de alimentos e produtos não duráveis pela população, é um grande produtor de rejeitos. Pensando nisso, o Governo Federal instituiu em 2010 a Lei 12.305 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, dispondo sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Esta lei define a responsabilidade compartilhada entre governo, indústria, comércio e consumidor final, contemplando objetivos como: 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).

O aumento da produção de alimentos industrializados apresentou crescimento exponencial trazendo como problema a geração de toneladas de resíduos oriundos desses processos (WOICIECHOWSKI et al., 2013). Quantidades expressivas compostas de cascas, sementes, caroços e polpa dependendo do tipo de fruta a ser processada, são geradas nas diversas etapas da cadeia produtiva de agroindústrias, havendo uma estimativa de que o aproveitamento das matérias-primas vegetais não ultrapassam cerca dos 85% do total e que, os resíduos gerados possam chegar a 30%, acarretando problemas ambientais devido à produção de lixo orgânico (NASCIMENTO FILHO e FRANCO, 2015).

Baseando-se que o mau uso dos resíduos alimentares pode gerar prejuízos a qualidade de vida e focando o fator econômico, menciona-se que o desperdício com alimentos no mundo pode chegar a US\$ 750 bilhões anuais, estando esses valores distantes do ideal para se buscar o caminho da sustentabilidade (GIRALDI, 2013). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2015), do total das perdas, 54% ocorrem na fase inicial da produção, ou seja, na manipulação após a colheita e na armazenagem. Os 46% restantes de prejuízos ocorrem nas etapas de processamento, distribuição e consumo de alimentos.

A Tabela 1 compila um montante total dos principais resíduos oriundos da agroindústria para as principais culturas brasileiras, podendo ser observado que, para o ano de 2009, foram mais de 291 milhões de toneladas geradas no país, sendo a cana-de-açúcar a cultura que mais contribui para o percentual total.

O reaproveitamento da biomassa remanescente dos processos empregados pelas agroindústrias associadas ao setor agrícola tem indiscutível contribuição para o equilíbrio ambiental. O acúmulo de resíduos pode interferir negativamente no controle da poluição e nas condições de saúde pública. Assim, políticas alternativas que objetivam a recuperação de matérias-primas, a reciclagem da matéria orgânica, a geração de energia e a minimização dos impactos ambientais decorrentes destas atividades, são indispensáveis para a viabilização da sustentabilidade e do crescimento da produção agrícola (IPEA, 2012).

Tabela 1 – Resumo dos dados de geração de resíduos na agroindústria para as principais culturas brasileiras, ano base 2009.

Culturas	Produção industrializada (t)	Resíduos (t)	Efluentes (m ³)
Soja	57.345.382	41.862.129	-
Milho	50.745.996	29.432.678	-
Cana-de-açúcar (bagaço e torta)	671.394.957	201.418.487	-
Cana-de-açúcar (vinhaça)	-	-	604.255.461
Feijão	3.486.763	1.847.984	-
Arroz	12.651.774	2.530.355	-
Trigo	5.055.525	3.033.315	-
Café	2.440.057	1.220.029	-
Cacau	218.487	83.025	-
Banana	199.282	99.640	-
Laranja	17.650.551	8.825.276	-
Coco-da-baía	675.012	405.009	-
Castanha-de-caju	110.253	80.484	-
Uva	614.574	300.459	-
Total	822.588.613	291.138.870	604.255.461

Fonte: IPEA, 2012; BRASIL, 2011.

Ainda de acordo com o relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA 2012), esses resíduos são compostos por elementos como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) que, quando disponibilizados na forma de fertilizantes, são excelentes nutrientes para as plantas, bem como também podem ser aproveitados para alimentação animal ou servirem de insumo para outros produtos. Nascimento Filho e Franco (2015) relataram o potencial que ainda pode estar presente nos subprodutos da agroindústria podendo ser citado uma elevada taxa de nutrientes essenciais que agiram no combate contra diversas doenças degenerativas, melhorando a saúde humana destacando, ainda, a necessidade de se efetuar estudos para potencializar o uso destes subprodutos e agregar valor à indústria biotecnológica.

Os produtos oriundos da agricultura como as frutas e verduras, podem ser minimamente processados e gerar significativa quantidade de resíduos orgânicos mistos; ou, no caso de plantas agroindustriais, passar por processamento para separação de frações de interesse, seja para alimentos ou bioenergia, neste caso, criando volumes concentrados de biomassa. O lixo orgânico pode ser usado como

matéria-prima para alguns outros processos, porém, devido a restrições sanitárias e custos de transporte acabam sendo depositados em aterros sanitários; já os resíduos gerados de forma concentrada, apresentam várias oportunidades de valorização e são comumente chamados de subprodutos, que podem ser um grande atrativo na área de bioprospecção de moléculas ativas, entre as quais se destacam as enzimas como as lipases (WOICIECHOWSKI et al., 2013).

A utilização de co-produtos da indústria alimentícia possibilita variedades de opções na escolha dos ingredientes que vão compor as rações de bovinos confinados, além de evidenciar aspectos positivos nas questões de sustentabilidade, reduzindo as quantidades de poluentes ao meio ambiente, somando-se também a diminuição do custo de produção (ARRIGONI et al., 2013).

Existem exemplos bem sucedidos do uso de subprodutos como biomassa para a produção de energia, alimentação animal e aplicados em bioprocessos em função de conter substâncias valiosas como pigmentos, açúcares, ácidos orgânicos, aromas e compostos bioativos como antioxidantes, enzimas, ativos antimicrobianos e fibras gerando, assim, produtos de maior valor agregado (MARTÍNEZ et al., 2012).

Este trabalho está baseado nesta mesma ideia de aproveitamento que será elucidada a seguir: alimentação animal e bioconversão.

3.1.1 Farelos Utilizados Como Alimento Animal

Os principais resíduos gerados após a extração de óleo por solventes, de sementes oleaginosas, são os farelos. Esses farelos são praticamente livres de gordura (1-2%), ricos em proteínas (30-50%) e pobres em celulose (5-15%). Quando as sementes sofrem um processo de extração a pressão, se obtêm as chamadas tortas, com conteúdo proteico menor e celulose e gordura ligeiramente maior que os farelos. Ambos são materiais muito cotados na alimentação de gado (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001).

Conforme Moraes (2007), a utilização de subprodutos tanto de indústrias alimentícias como da própria agricultura, além de ser uma ótima alternativa para minimizar custos no segmento agrícola é prioritariamente um fator de ordem ecológica, por criar um destino útil para esses resíduos.

Os alimentos podem ser classificados, de acordo com as análises químico-bromatológicas em volumosos e concentrados, sendo os volumosos aqueles que apresentam baixo teor energético, ou seja, os que possuem teor de fibra bruta superior a 18% na matéria seca e, os concentrados aqueles que possuem alto teor energético, ou seja, aqueles cujo teor de fibra bruta é inferior a 18% na matéria seca, podendo ainda serem chamados de concentrado proteico, aqueles que apresentam mais de 20% de proteína bruta na matéria seca ou, energéticos quando possuem quantidade inferior a 20% de proteína bruta na matéria seca (SALMAN *et al.*, 2010; GONÇALVES *et al.*, 2009).

A aceitação do alimento pelos animais deve ser levada em conta avaliando-se a palatabilidade do mesmo, de acordo com as respostas sensoriais e suas características químicas e físicas, tais como cheiro, gosto e textura que vão interferir diretamente no consumo da ração (PEREIRA *et al.*, 2016).

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).

De acordo com Costa (2010), o caroço de algodão, subproduto da agroindústria, possui evidências de alto poder nutritivo podendo se destacar como alternativa na elaboração de dietas para ruminantes, desde que se respeitem alguns limites pré-estabelecidos; podendo ser observado que a suplementação de grãos na dieta pode acentuar a produção de leite, isto porque a gordura presente pode aumentar a disponibilidade de glicose para as células produtoras de leite, sabendo-se que a glicose é precursora da síntese de lactose, determinante da quantidade de leite sintetizado pela glândula mamária.

Uma grande vantagem do aproveitamento dos subprodutos e resíduos na alimentação de ruminantes é a redução do custo de produção animal. O uso deste tipo de alimentação também é interessante, pois a maioria dos resíduos industriais tem produção estacional, que geralmente coincide com o período de escassez de forragem (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Utilizar subprodutos e resíduos agroindustriais na alimentação animal pode vir a melhorar a produtividade, no entanto, deve haver uma preocupação com o estudo nutricional do alimento, de forma que o mesmo venha a atender as exigências nutricionais do animal, contribuindo assim para o adequado

consumo de nutrientes, objetivando o ganho de peso e a redução de custos do produtor (MENEZES de SA, 2011; GOES et al., 2008).

Os ruminantes possuem capacidade para aproveitar fontes alimentares não processadas por monogástricos, como, por exemplo, os resíduos de agroindústrias que, quando utilizados podem contribuir para a redução dos custos com a alimentação que contabiliza 70% dos gastos da atividade (GIORDANI JUNIOR et al., 2014).

Rufino et al. (2011) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de inclusão da torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos concluindo que esse subproduto pode ser uma alternativa segura para esses microrganismos ruminais.

Sobreira (2011) testou a inclusão de percentuais de casca e polpa de macaúba ao concentrado à base de silagem de milho, fornecido para vacas lactantes, concluindo que, tanto a casca do coco, bem como o coco de macaúba triturados podem ser utilizados dentro de um limite diário, sem afetar o desempenho dos animais. Porém, enfatiza que, mesmo após extração ou prensagem do fruto o elevado teor de lipídeos ainda se faz presente, devendo então ser optado pela utilização em baixas quantidades para não alterar a dieta dos ruminantes.

Da mesma forma, Abdalla et al. (2008), enfatizaram que a maioria das tortas ou farelos oriundos de oleaginosas utilizadas para produção de biodiesel são passíveis de serem utilizadas na alimentação animal, desde que, observado os fatores tóxicos ou antinutricionais que cada uma pode conter, as quantidades a serem introduzidas na formulação das rações, bem como o armazenamento adequado de cada suplemento. Os autores ainda mencionam que o emprego dessas tortas na alimentação de ruminantes visa aumentar a produtividade, sendo como um elo entre a produção de biodiesel e a pecuária, e interferem na redução da emissão de gases do efeito estufa pelos animais, vindo ao encontro dos interesses da iniciativa privada.

Os subprodutos gerados da produção de biodiesel apresentam grande potencial para serem utilizados na alimentação de ruminantes, devido as consideráveis concentrações de proteína e extrato etéreo que os caracterizam como alimentos proteicos e/ou energéticos, capazes de permitir o atendimento das exigências nutricionais destas frações pelos animais (OLIVEIRA, et al., 2012).

As práticas de uma alimentação adequada, no caso de vacas em lactação influenciam na composição do leite, em maiores ou menores conteúdos de gordura, proteína, lactose e/ou sólidos totais e, conforme Signoretti (2011):

A adequada nutrição da vaca leiteira afeta significativamente a produção e a proporção dos componentes do leite, sendo que através da dieta a glândula mamária é suprida com os componentes nutricionais do sangue para síntese do produto. Estratégias de alimentação que otimizam a função do rúmen resultam em maior produção de leite e dos seus componentes. 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.

O Brasil possui várias culturas de oleaginosas com características e potencial para produção de biodiesel que gera subprodutos para alimentação animal. Além da soja, tradicionalmente conhecida, pode ser citado a mamona (*Ricinus communis*), dendê (*Elaeis guineensis*), pinhão-manso (*Jatropha curcas*), 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, TEIXEIRA, et al., 2014)

3.1.2 A Macaúba

A macaúba, conforme Cargnin, Junqueira e Fogaça (2008), também conhecida por “Bocaiúva, Macaúva, Bocajá, Mucajá, Macaíba, Coquinho, Coco-de-espinho” e outros nomes regionalizados, é uma palmeira rústica pertencente à família Arecaceae, ex-Palmae, cujo nome científico é *Acrocomia aculeata*, encontrando-se distribuída ao longo da América tropical e subtropical, desde o sul do México e Antilhas até a região Sul, incluindo Brasil, Argentina e Paraguai, sendo mais abundantes na região do Cerrado. No Paraguai é chamado “cocotero ou mbocayá”, na Argentina de “coquito”, “totai” na Bolívia, “corozo” na Colômbia e Venezuela, na Espanha “amankayo, corajo, corozo, coyol baboso, totai, tucuma”, “corosse” no Haiti, “coyol” na Costa Rica, Honduras e no México; na França “Noz de coyol” e na Alemanha “coyoli Palme” (ALMEIDA et al., 1998; CARVALHO, SOUZA e MACHADO 2011; HERNÁNDEZ et al., 2013).

No Brasil, a macaúba representa uma das principais fontes de óleo vegetal com potencial para produção de biocombustíveis, isso devido ser uma planta perene, nativa e encontrada em diversos biomas do nosso território, além de dispor de alto teor de óleo no fruto e despertar muito interesse em diversos resíduos energéticos que produz (EVARISTO et al., 2016).



Figura 1 – Palmeira macaúba.
Fonte: Acervo pessoal.

Estudos sobre o uso de óleo de macaúba para biodiesel estão em ascendência e os co-produtos de processamento do óleo são excelentes fontes nutricionais quando usados em alimentos e rações (MACHADO et al., 2015).

Acrocomia aculeata é uma palma de múltiplos usos, já que todas as suas partes podem ser utilizadas (Vianna et al., 2015). Do tronco pode-se obter madeira para produção de mourões e estacas. Do estipe pode-se retirar o palmito e a seiva utilizados, respectivamente, como alimento e bebida. As folhas podem servir como forragem animal, cobertura de casa e extração de fibras usadas no fabrico de linha de pesca e redes (LORENZI e NEGRELLE, 2006).

A polpa pode ser usada diretamente na alimentação ou pode ser empregada como farinha em receitas de cozinha. Do fruto podem ser extraídos dois tipos de óleo, da polpa e da amêndoa, podendo estes serem utilizados como matéria-prima na indústria de alimentos, fármacos, cosméticos e na indústria química, na produção de biodiesel. O farelo que sobra após a extração do óleo, assim como em outras

oleaginosas, pode ser utilizado para ração animal, como combustível de queima em caldeiras, por possuir alto poder calorífico (4.706 Kcal/Kg), ou até como fertilizante por ser rico em potássio, sódio, cálcio e fósforo (SILVA et al., 2008; ARISTONE e LEME, 2006). Conforme Silva et al. (2008), a torta da amêndoa, rica em proteína, é muito mais valorizada como ingrediente para compor a ração animal. É um concentrado rico em ômega 3 e ômega 6, indicado para alimentação de aves, destacando-se por aumentar a produção e tamanho dos ovos. O endocarpo pode ser transformado em carvão ativado de boa qualidade e tem sido utilizado em substituição ao cascalho (VIANNA et al., 2015).

A Figura 2 esquematiza as características químicas de partes do fruto da macaúba e perfil de utilização representada em termos de porcentagem média em relação ao fruto inteiro, sendo endocarpo (EN), mesocarpo ou polpa (ME), epicarpo ou casca (EP), e endosperma ou amêndoa (ED), de frutos da macaúba. Valores em base seca.

O uso de resíduos do processamento da macaúba como possíveis fontes de alimentação animal, por exemplo, vem ao encontro da expectativa de que, o uso mais eficiente dos recursos naturais, pode contribuir substancialmente ao empenho mundial para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e diminuir o aquecimento global. A cada ano, cerca de um terço (aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas) de todos os alimentos para consumo humano são desperdiçados juntamente com a energia, água e produtos químicos necessários para produzi-los, provocando estragos no solo e no meio ambiente (DESPERDÍCIO..., 2013).

Devido à composição rica destes resíduos, os mesmos podem tornar-se fonte de diferentes compostos de interesse industrial para aplicação não só na alimentação humana e animal, mas em outras áreas da indústria química – com destaque para a produção de biodiesel -, de alimentos, cosméticos e fármacos (GRANDE; CREN, 2016).

A cadeia agroindustrial da soja, cujo processo para produção de óleos gera em torno de 79% de farelos (contendo cerca de 50% de proteínas) e 19% de óleo. Mesmo com tão alto valor proteico, o farelo de soja não seria o principal produto obtido na indústria de processamento de óleos, porém, devido ao montante gerado e a sua nobre composição, este subproduto passou a ser aproveitado industrialmente

como a mais importante fonte de proteínas vegetais, sendo o lucro obtido com a venda desses farelos, cerca de 2,5 vezes maior que o obtido com a venda de óleo de soja (WWF, 2014).



Figura 2 – Características químicas de partes do fruto da macaúba e respectivas proporções média em relação ao fruto inteiro, sendo endocarpo (EN), mesocarpo (ME), epicarpo (EP), e endosperma (ED), de frutos de macaúba. Valores em base seca.

Fonte: Colombo et al., 2016.

Além do farelo de soja, outras oleaginosas com menor expressão também são utilizadas industrialmente como fonte de proteínas vegetais: amendoim, canola, gergelim, girassol, entre outras, sendo a exploração dessas outras oleaginosas, alternativa de minimizar a dependência da soja como fonte principal de proteína vegetal (GRANDE; CREN, 2016). A Tabela 2, apresentada as principais oleaginosas utilizadas industrialmente como fonte de óleos vegetais, com as produtividades médias no Brasil em óleos, farelos e proteínas, comparativamente à macaúba.

Observando os dados dessa tabela pode-se verificar que o teor de óleo, tanto da polpa (31%) como amêndoa (40%) da macaúba, é muito superior ao da soja (19%), embora o destaque seja para o amendoim (49% de óleo). Já com relação aos valores de proteína dos farelos, a polpa da macaúba é a que apresenta o menor percentual (8,5%), seguida do farelo de dendê e após o farelo da amêndoa (25%). O restante das oleaginosas apresenta valor mínimo de 50% de proteína.

Tabela 2 – Produtividades médias no Brasil em óleos, farelos e proteínas associadas a diferentes oleaginosas. Valores expressos em base seca.

Oleaginosa	Teor de óleo (%)	Produtividades			Proteínas no farelo (%)	Potencial de produção de proteínas (kg/ha/ano)
		Oleaginosa (kg/ha/ano)	Óleo (kg/ha/ano)	Farelo (kg/ha/ano)		
Amendoim	49	1.800	882	918	50	459
Canola	38	1.800	684	1.116	50	558
Gergelim	39	1.000	390	610	55	335,5
Girassol	43	1.600	672	928	55	510,4
Soja	19	2.200	418	1.782	55	980,1
Dendê/Palma	20	10.000	2.000	8.000	14	1.120
Polpa macaúba	31	10.000	3.100	6.900	8,5	586,5
Amêndoa macaúba	40	1.500	600	900	25	225

Fonte: TEXEIRA et al., (2014); GRANDE; CREN, (2016).

Apesar dos farelos de polpa e amêndoa possuírem menor teor de proteínas, quando comparados com o farelo de amendoim, canola, gergelim, girassol e soja, a produtividade dos mesmos juntos, atinge 7.800 Kg/ha/ano, com potencial de produção de proteínas acima de 811 Kg/ha/ano, valor esse próximo aos 980 Kg/ha/ano obtido para a soja, principal fonte de proteínas vegetais para a produção de ração animal (GRANDE; CREN, 2016).

Ainda na tabela 2, em relação à produtividade da oleaginosa e do farelo, evidenciam-se os elevados índices do dendê e da polpa da macaúba, sendo também para essa, a quantidade de óleo mais expressiva de todas as oleaginosas mencionadas.

A macaúba foi proposta como material de estudos nesta pesquisa devido, principalmente, a grande disponibilidade da mesma em nossa região, no bioma Cerrado, sendo uma nova alternativa de substrato para o desenvolvimento de fungos, priorizando uma cultura local.

3.2 COGUMELOS COMESTÍVEIS E USO EM BIOCONVERSÃO

Os cogumelos comestíveis são considerados do grupo de espécies de fungos basidiomicetos que crescem naturalmente em troncos de árvores, folhas, raízes de árvores, decomposição lenhosa e outros. Atualmente, são conhecidas mais de dez mil espécies de cogumelos, das quais cerca de duas mil espécies são comestíveis, mas apenas vinte delas são comercialmente cultivadas, sendo os mais conhecidos pelos brasileiros: o Champignon de Paris (*Agaricus bisporus*); shiitake (*Lentinula edodes*); shimeji, cogumelo ostra ou hiratake (*Pleurotus sp*) e cogumelo princesa ou cogumelo da vida (*Agaricus blazei*) (GOMES, 2013; URBEN, 2004). Porém, nem todo cogumelo é comestível; existem espécies extremamente tóxicas (que podem causar desde um leve mal estar a graves intoxicações) e outras até mortais, por isso não se recomenda coletá-los na natureza sem nenhum critério (GOMES, 2013).

A fungicultura (produção de fungos comestíveis e medicinais) é uma atividade em expansão no Brasil, ela tem a capacidade de transformar matérias primas de baixo custo como feno, bagaço de cana, madeira, resíduos agrícolas e agroindustrial, em proteína alimentícia e compostos medicinais de altíssima qualidade (GOMES et al., 2016). Os fungos possuem capacidade de degradar materiais lignocelulósicos (geralmente cultivados em toras de madeira), porém estão sendo muito investigados pela capacidade de colonizar diferentes tipos de resíduos (JONATHAN et al., 2013), não dependem de condições meteorológicas, como precipitação, e podem ser cultivados durante todo o ano através de técnicas simples de cultivo em estado sólido (EARNSHAW; DLAMINI; MASARIRAMBI, 2012).

Nos últimos anos, principalmente devido à mudanças nos hábitos alimentares, tem-se registrado um aumento crescente estimado em 3,8% ao ano na incorporação de cogumelos na alimentação diária das pessoas, isso associado a benefícios como: baixo aporte calórico, uma proporção de fibra bruta maior que dos vegetais, boa

digestibilidade ($67.75 \pm 0.54\%$) e alto conteúdo de compostos funcionais (betaglucano e glucosamina), aminoácidos essenciais, minerais, vitaminas e provitaminas (DÍAZ e CARVAJAL, 2014).

O uso de *P. ostreatus* destaca-se na alimentação humana não somente pelo seu sabor e qualidade, mas principalmente por ser um complemento alimentar, já que contém entre 57% a 61% de carboidratos, 26% de proteína, 11,9% de fibra, de 0,9% a 1,8% de gordura, com base em seu peso seco. Além disso, possui vitaminas como a niacina, tiamina (B1), vitamina B12, vitamina C e minerais tais como potássio, fósforo e cálcio (OMEN et al., 2013).

Nos dias atuais, São Paulo é o estado brasileiro que mais produz e mais consome cogumelos, seguido de outros estados com destaque no cultivo: Paraná, Minas Gerais, Rio de Janeiro, sul da Bahia, Pernambuco, Brasília e Rio Grande do Sul sendo estimada, segundo a ANPC (2013) (Associação Nacional de Produtores de Cogumelo), uma quantidade superior a 300 fungicultores brasileiros, em sua maioria micro e pequenos agricultores familiares, gerando diretamente cerca de 3000 empregos, porém a falta de dados reais sobre a cadeia produtiva dificulta a obtenção de estimativas mais precisas.

Ainda de acordo com a ANPC (2013), estima-se que o Brasil produza pouco mais de 12.000 toneladas de cogumelos “in natura” por ano, quantidade essa que, quando comparada com a produção de países como a China (5.008.850 ton/ano), Itália (761.858 ton/ano), Estados Unidos (390.902 ton/ano) e outros, é considerada irrisória, porém, apesar de pequena, a produção de cogumelos no Brasil desempenha um importante papel social e de alternativa de renda para produtores da agricultura familiar.

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) disponibilizou o Informe Técnico Nº 19, de 29 de agosto de 2006 intitulado: “Procedimentos para o enquadramento dos Cogumelos comestíveis em cápsulas, comprimidos e tabletes na área de alimentos”, que juntamente com outras legislações estabelece as regulamentações para o enquadramento de cogumelos no mercado alimentício.

Bioprocesso pode ser definido como processo de transformação de determinada matéria-prima envolvendo células vivas, como em processos fermentativos

utilizando microorganismos ou parte dessa célula como as enzimas (WOICIECHOWSKI et al., 2013).

O substrato após o cultivo de fungos tem um maior conteúdo proteico (bem como outras características melhoradas) se comparado com o mesmo substrato original (PICORNELL; PARDO; JUAN, 2015). Também a lignina do resíduo utilizado como substrato é degradada pelo fungo e convertida em substâncias mais digeríveis, enriquecidas e mais convenientes para a alimentação de gado (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001). Ainda de acordo com este autor, as espécies de *Pleurotus* são consideradas entre as mais capazes para degradar a lignina podendo, após a colheita dos cogumelos, reduzir em até 80% os valores de lignina e celulose, melhorando a digestibilidade e o valor como alimento animal.

Na fermentação em estado sólido (FES), o teor de umidade e a aeração no material são fatores críticos, que causam impacto para o êxito do cultivo. Neste processo em que o microorganismo é cultivado em partículas de matriz sólida (substrato), onde o teor de água ligada a tal matriz está em um nível de atividade de água que assegura o crescimento e metabolismo das células, porém não excede a máxima capacidade de ligação da água com a matriz sólida, ou seja, na FES não existe água livre (WOICIECHOWSKI et al., 2013). Ainda este mesmo estudo, recomenda para esta técnica de cultivo, os fungos como uma das classes de microorganismo mais promissor devido à variedade de produtos de seu metabolismo e também de seu crescimento através de hifas, as quais penetram entre as regiões porosas do substrato.

De acordo com Gómez e Andrade (2008), as condições ideais em que o micélio do *Pleurotus ostreatus* pode crescer é com temperatura entre 0 e 35°C, com temperatura ótima de 30°C, com uma variação de pH entre 5,5 e 6,5 e umidade entre 50 e 80%. Ainda recomendam que a fase de incubação do fungo seja no escuro.

A composição nutricional do substrato bem como da frutificação do cogumelo comestível vai depender do resíduo utilizado. Assim, Paz et al. (2012), utilizaram o bagaço de uva, polpa de maçã e palha de feijão, miceliados com o fungo *Pleurotus sajor-caju*, evidenciando através de parâmetros como: umidade, cinzas, carboidratos, gordura, fibra bruta, proteína bruta e compostos fenólicos, o enriquecimento dos substratos.

Utilizando a bioconversão com o cogumelo *P. sajor-caju* no intuito de melhorar o valor nutritivo e a degradabilidade do resíduo do processamento do algodão, Castro et al. (2004) constataram que o fungo fora eficiente em aumentar o valor nutricional, 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.

Em estudos de bioconversão por *P. ostreatus* tendo como substratos palha de soja, de arroz e de trigo, sozinhos e em combinação 1:1, constatou-se que, 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).

O cultivo de cogumelos é relatado por Girmay et al. (2016) como um processo biotecnológico economicamente viável para a conversão de vários materiais lignocelulósicos. Nesse caso, utilizaram resíduos de sementes de algodão, de papel, de palha de trigo e serragem quanto à sua eficácia na produção de cogumelos ostra (*Pleurotus*), apontando diferentes desempenhos positivos de crescimento, sendo o maior rendimento econômico, bem como a maior percentagem de eficiência biológica do cogumelo para as amostras de resíduos do algodão e, a pior condição para a serragem de madeira.

Os resíduos agrícolas, em geral, utilizados no cultivo de cogumelos ostra fornecem a maioria dos nutrientes e vitaminas para o seu crescimento. O carbono está prontamente disponível a partir de celulose, hemiceluloses e lignina das palhas, assim como servem de suporte sólido para o crescimento dos microorganismos (NAYAK et al., 2015; WOICIECHOWSKI et al., 2013).

Hu, Liu e Yang (2012) utilizaram uma gramínea como substrato para o enriquecimento de proteínas visando à alimentação animal, sendo as condições ideais verificadas no teste: umidade inicial de 65 a 70%, pH entre 6,0 e 8,0 e suplementação com nitrogênio e minerais; concluindo que a fermentação em estado sólido, para esse experimento, é um processo viável para enriquecer o conteúdo proteico e aumentar a digestibilidade da gramínea a ser usada na dieta animal.

Na bioconversão com fungo filamentosos utilizando como substrato a torta da azeitona gerado da extração do óleo, com adição de 2% de melaço 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).

E por fim, Revello (2014) realizou testes com amostras de farelo da polpa, farelo da amêndoa e o epicarpo da macaúba, submetendo as mesmas a biodregadação por fungos filamentosos, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, objetivando aumentar a digestibilidade e seu valor nutricional. Das amostras estudadas destacaram-se os resultados do processo de bioconversão com o farelo da amêndoa, já que para as amostras de farelo da polpa e epicarpo, não houve crescimento dos fungos. O farelo de amêndoa resultante da miceliação com fungos apresentou uma boa quantidade de proteínas (em torno de 26 a 29%) apontando um acréscimo de, no mínimo, 4% em relação à mesma amostra sem fungos. Também se destacaram valores muito reduzidos, quando comparada à caracterização inicial, sem fungos, de fibra em detergente neutro, lignina, celulose e extrato etéreo, indicando ótimos níveis de enriquecimento dos parâmetros nutritivos e digestivos. Esse substrato foi inicialmente classificado como volumoso (fibra bruta > 18%), passando para concentrado (fibra bruta < 18%) e ainda classificado como proteico (proteína bruta > 20%), após o processo de bioconversão, o que o torna viável para uso em ração animal.

Nesta tese é de particular interesse o estudo do processo de bioconversão – enriquecimento dos farelos e cultivo de fungos, levando-se em conta cada uma das variáveis que tornam o processo eficiente. O tema tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores, porém é conveniente salientar a preocupação, foco do estudo, com os resíduos da agroindústria da região servindo como alternativa de substrato para o crescimento de cogumelos comestíveis.

CAPÍTULO 4 – MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada utilizando-se a polpa do fruto da macaúba bem como os resíduos da extração do óleo deste mesmo fruto, compreendendo os farelos da polpa e da amêndoa, além do epicarpo e cacho (Figura 3), bem como da mistura proporcional desses com o farelo da polpa. Uma amostra chamada “polpa+epicarpo despoldadeira” também foi elemento do estudo.

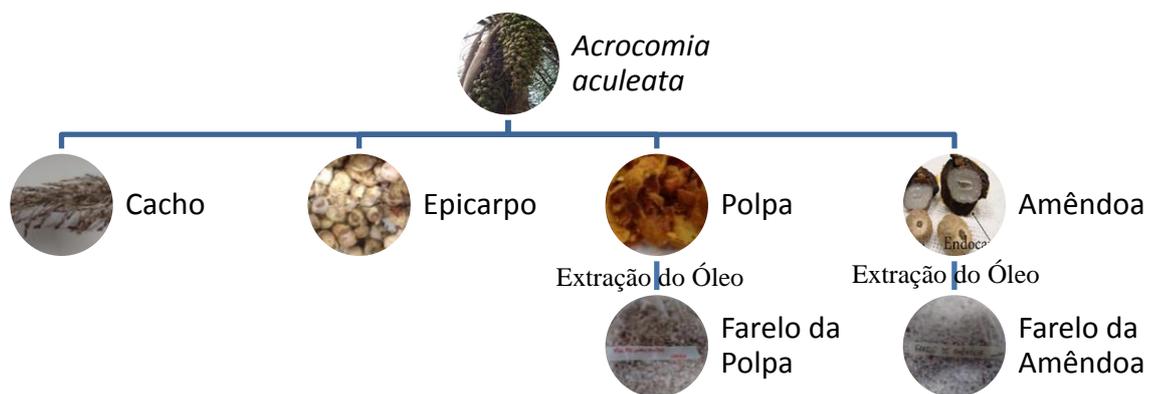


Figura 3- Fluxograma simplificado do processo de obtenção das amostras.

4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Os frutos da Macaúba foram coletados na região do Panambi, distrito da cidade de Dourados-MS, na segunda quinzena do mês de novembro de 2014. Os frutos foram removidos dos cachos e lavados para a retirada de sujeiras aderidas na casca e, então armazenados em sacos plásticos e refrigerados. Aos poucos o material era descongelado para então ser retirada a casca e a polpa manualmente (Figura 4). A quebra do endocarpo para retirada das castanhas, também foi de forma manual, com auxílio de martelo. Com a polpa e a castanha disponíveis realizou-se a secagem das

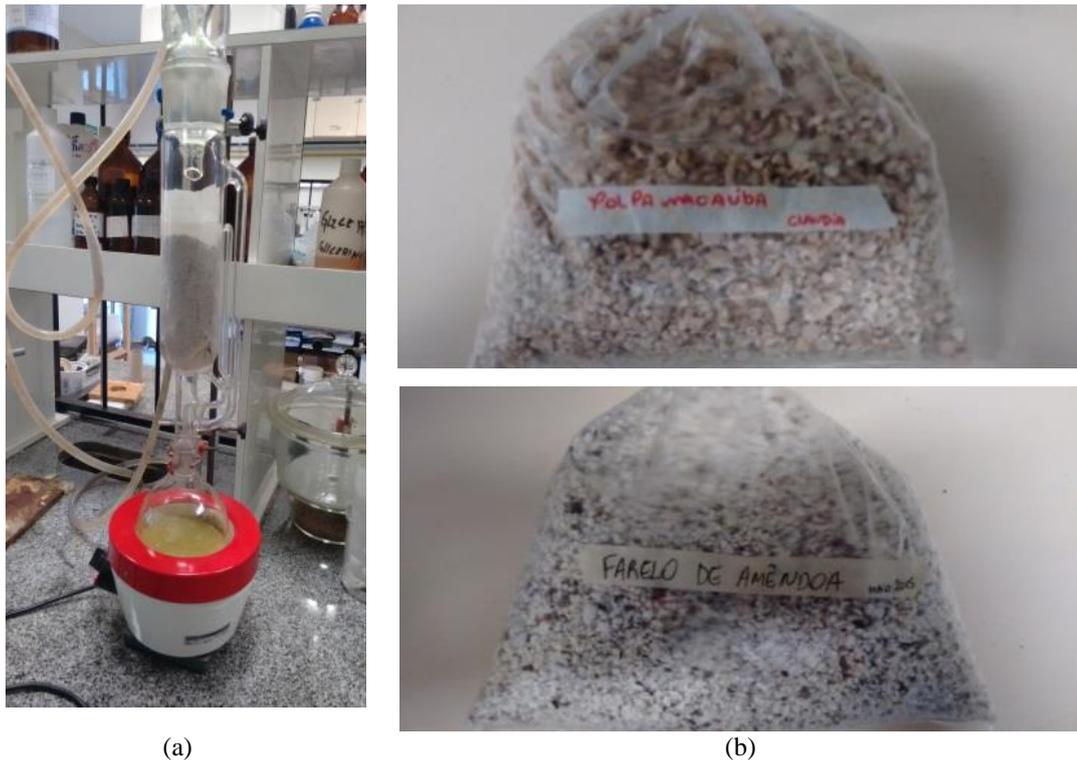
amostras em estufa a 60°C por 14h, após foram trituradas e submetidas à extração em extrator Soxhlet, por 4 horas e meia (Oliveira, 2013).



Figura 4- Frutos da Macaúba descascados (a); cascas(b); polpa (c) e endocarpo + castanha (d).
Fonte: Oliveira, 2013

4.1.1 Farelo da Polpa e Farelo da Amêndoa do Fruto da Macaúba

As amostras foram obtidas como resíduos do processo de extração do óleo da macaúba, onde foi feita a trituração da polpa e da amêndoa do fruto, seguido de tratamento com hexano para retirada do conteúdo de óleo. Os resíduos obtidos desse processo foram, após evaporação do solvente a temperatura ambiente, triturados em liquidificador industrial (Mod. LTB-4 Marca Becker) e armazenados em freezer (-5°C), sendo este material aqui denominado de “farelos” (Figura 5). Parte da polpa foi deixada na sua forma integral, ou seja, sem extração do óleo.



(a) (b)
Figura 5 – Processo de extração do óleo para obtenção dos farelos (a); Farelos da polpa e da amêndoa da macaúba (b).

4.1.2 O Epicarpo do fruto da Macaúba

O epicarpo, seco em estufa a 60°C por 12h, foi moído em moinho de facas (Tecnal TE-651/2) provido na saída com peneira de 1 mm, para as análises de caracterização (Figura 6).



(a) (b)
Figura 6 – Epicarpo da macaúba seco em estufa (a); Epicarpo moído (b).

4.1.3 O Cacho da Macaúba

O cacho, após remoção de todos os frutos sustentados pelo pedúnculo, foi seco em condições ambientes, sendo posteriormente cortado em pedaços menores para moagem em moinho de facas (Tecnal TE-651/2) provido na saída com peneira de 1 mm (Figura 7).



Figura 7 – Cacho da macaúba seco após remoção dos frutos (a); Cacho cortado em partes menores (b); Cacho moído (c).

4.1.4 As Misturas de Substratos

A mistura dos substratos foi efetuada como forma de testar a eficácia deles junto ao farelo da polpa, e também, no caso do cacho e do epicarpo, aportar umidade, sendo os mesmos, após pesados, deixados em molho na água destilada por 24h. Após esse tempo o excesso de água foi retirado com o auxílio de uma peneira, sendo que o

peso do cacho aumentou em cinco vezes e o do epicarpo em três vezes. A proporção testada em todos os testes foi de 1:1 em base seca:

- ✓ Farelo da polpa (15 gramas) + Farelo da amêndoa (15 gramas)
- ✓ Farelo da polpa (15 gramas) + cacho da macaúba (15 gramas)
- ✓ Farelo da polpa (15 gramas) + epicarpo da macaúba (15 gramas).

4.1.5 Polpa e Epicarpo adquiridos de despoldadeira mecânica

Amostras de polpa mais epicarpo da macaúba, resultantes do processo de despoldamento do fruto inteiro em equipamento específico para este fim, cedidas gentilmente por outro laboratório de pesquisa¹, também foram caracterizadas e submetidas ao processo de bioconversão, tanto na sua forma integral, como o farelo obtido desse material após extração do óleo.

Em estudos realizados por Chuba et al. (2010), dentro das características biométricas dos frutos de macaúba coletados nos municípios de Dourados – MS e Presidente Epitácio – SP, pôde-se estimar que a polpa representa 42% do fruto inteiro e a casca 20%. Sendo assim, a proporção de polpa versus epicarpo dessas amostras em questão, pode ser considerada como 2:1.

Todas essas amostras descritas do item 4.1.1 à 4.1.5 (Figura 8) foram caracterizadas através de análises bromatológicas com intuito de se determinar as frações nutritivas, a composição química das mesmas.

¹ Doação do Professor Carlos Alberto Chuba Machado – Faculdade de Engenharia (FAEN)/UFGD, material resultante de experimentos de seu trabalho de doutorado, em andamento, intitulado “Processo e Construção de uma Despoldadeira de Frutos de Palmeira, Destinada às Comunidades Extratoras do Centro Oeste”.

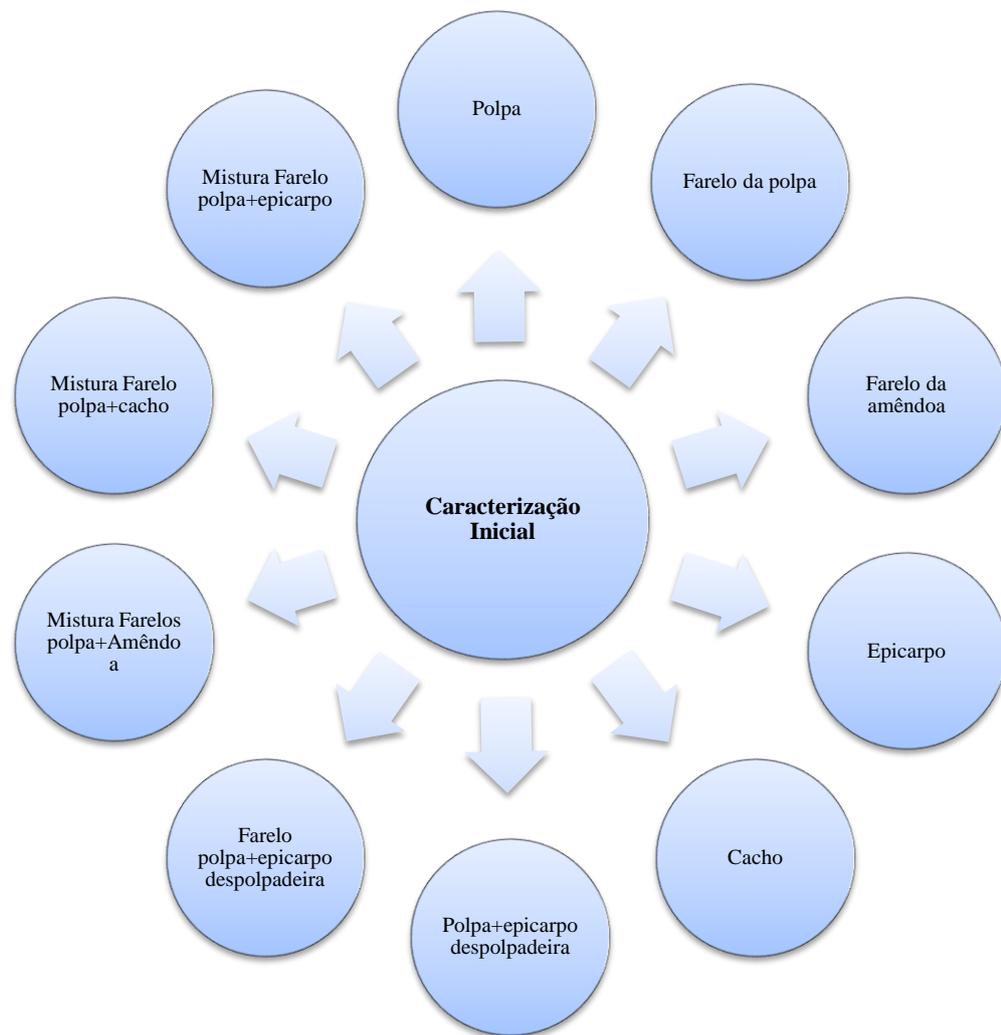


Figura 8- Descrição de todas as amostras que fizeram parte da pesquisa e foram caracterizadas através de análises bromatológicas.

Posteriormente, realizou-se a miceliação das amostras com fungos visando melhorar as propriedades nutritivas desses resíduos.

4.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS

Nesta etapa foi realizada a miceliação com fungos comestíveis para a bioconversão e enriquecimento proteico das amostras testadas (Figura 9), seguindo a metodologia citada por Paz et al. (2013) e Cardoso, Demenjour e Paz (2013).

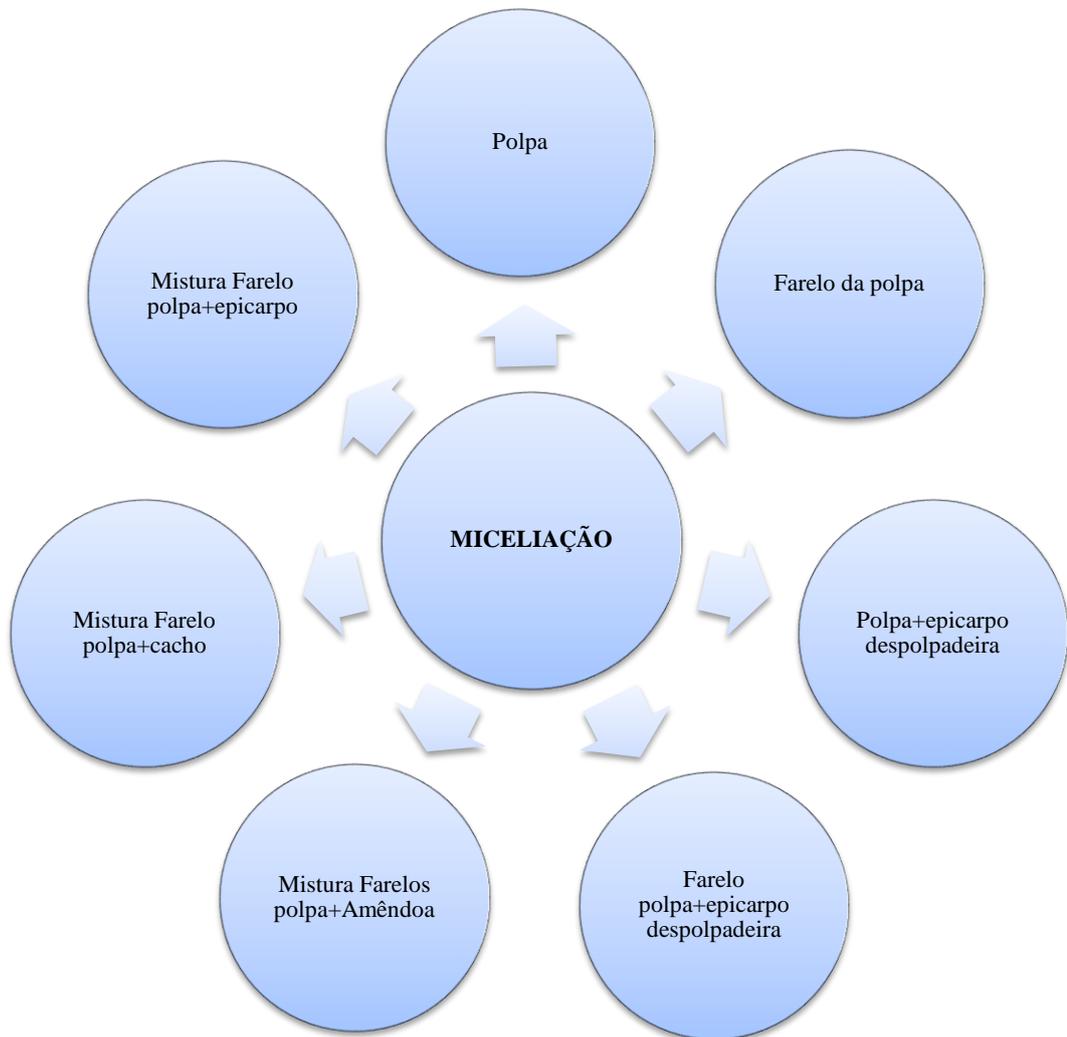


Figura 9- Descrição de todas as amostras que foram utilizadas no processo de miceliação com fungos.

Os microrganismos utilizados, que serviram de cultura inicial ou cultura mãe ou ainda inóculo, foram da espécie *Pleurotus sajor-caju* linhagem / lote 146/16 e *Pleurotus ostreatus* linhagem / lote 147/16, adquiridos na forma de *spawn*².

4.2.1 Preparo das Amostras

Utilizando-se sacos transparentes de polipropileno (resistentes a autoclavagem), com medidas de 20x30 cm foram pesadas quantidades iguais das amostras que serviram como substrato e a cada uma foi adicionado água de forma que a umidade

² Spawn da empresa Funghi e Flora, localizada em Valinhos, São Paulo. Este laboratório produz sementes através de técnicas estéreis utilizando grãos de cereais que são colonizados pelo fungo servindo então como inoculante.

fosse a maior possível (ideal superior a 65%, conforme Gómez e Andrade (2008)), dentro das possibilidades de absorção do material.

Os sacos foram fechados com tampões de algodão, para permitir as trocas gasosas durante o processo, e levados para esterilização em autoclave a 121°C durante 25 min. Após esse tempo, as amostras foram deixadas na própria autoclave para arrefecerem sendo, então, dispostas dentro da câmara de fluxo laminar (Marconi), previamente tratada com álcool etílico a 70%, expostas por 20 min a ação da luz ultravioleta, a fim de se obter ação germicida dos raios UV sobre os microrganismos indesejáveis.

4.2.2 Inoculação e Crescimento Micelial

Uma pequena quantidade (aproximadamente 0,3 g) de *spawn* de cogumelo foi inoculada em cada amostra com auxílio de uma pinça de dissecação anatômica, esterilizada em chama. Cada saco foi aberto, através da remoção do tampão de algodão, procurando-se manter a boca do saco acima da chama, bem como do saco contendo a cultura mãe. A cultura inicial foi introduzida no centro do saco e, rapidamente foi fechado o mesmo com o tampão de algodão. Este procedimento foi realizado para cada amostra do experimento (Figura 10).

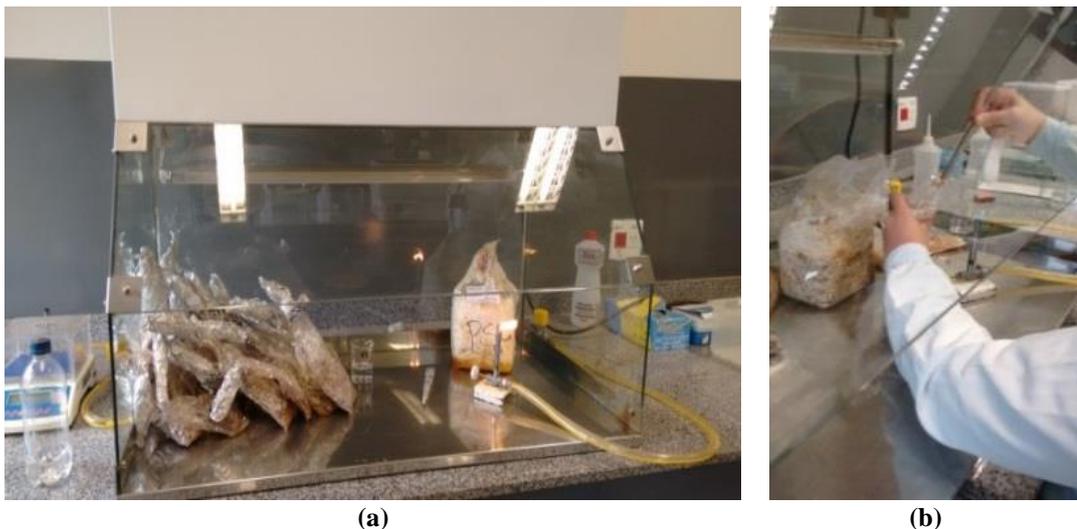


Figura 10 - Material preparado dentro da câmara de fluxo laminar (a); inoculação do *spawn* em cada amostra (b).

Para a fase de colonização micelial, as amostras foram incubadas em câmara BOD (Quimis, modelo Q315M25) com temperatura de 25°C, sendo monitoradas diariamente.

4.3 PRODUÇÃO DE COGUMELOS

Os materiais utilizados como substratos para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* foram os farelos de amêndoa puro e amêndoa misturado com polpa na proporção 1:1, ambos com umidade de 60%. As etapas de preparo do substrato, inoculação da semente no substrato e incubação, seguiram o descrito no item 4.2 acima, conforme sumarizado na Figura 11.

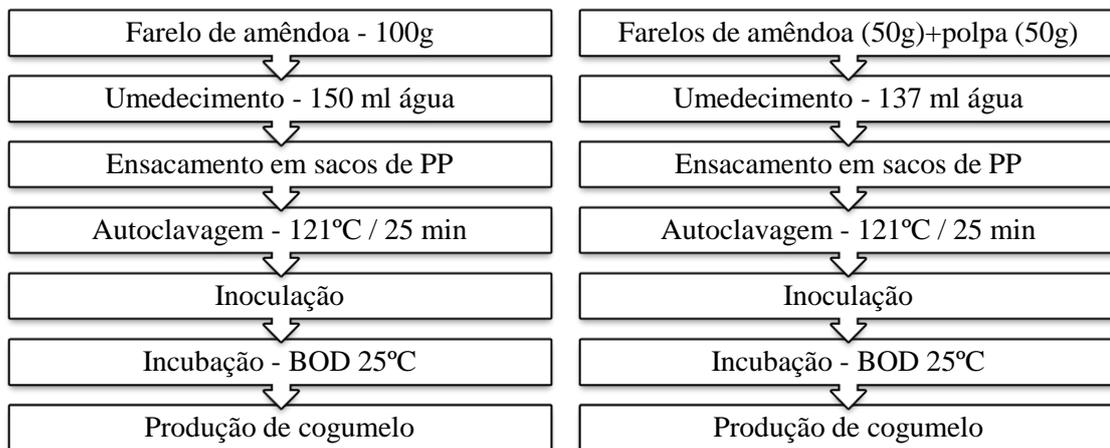


Figura 11- Fluxograma dos procedimentos para cultivo de cogumelos utilizando o farelo de amêndoa e a mistura de farelos de amêndoa e polpa (1:1).

Já a frutificação ocorreu após os substratos estarem totalmente colonizados pelo fungo e serem transferidos da BOD para ambiente com luz e ventilação natural, conforme Cardoso, Demenjour e Paz (2013), em recipiente com água no fundo, como forma de estimular a formação de primórdios (contato com ar fresco, luz e umidade) (Figura 12).



(a)

(b)

Figura 12 - Recipiente com água deixadas as amostras para frutificação (a); local em que as amostras ficaram expostas (b).

Os sacos de polipropileno foram removidos ao visualizarem-se os primeiros primórdios da frutificação e suportados em grades metálicas até realização da colheita dos cogumelos, onde os mesmos foram cortados na base do talo, no ponto de união com o substrato, sendo posteriormente pesados para cálculo da eficiência biológica (EB), utilizando a fórmula descrita por Gómez e Andrade (2008):

$$EB (\%) = \frac{\text{Peso fresco de cogumelos (g)}}{\text{Peso seco do substrato (g)}} \times 100$$

Onde:

peso fresco de cogumelos é o peso total de cogumelos colhidos e,
peso seco do substrato é a quantidade inicial de substrato desidratado.

Uma medida de pH foi realizada deixando as amostras de molho em água destilada, com agitação em agitador magnético (TMA – mod 10C), durante 4 horas. Após, foi filtrado e medido pH em pHmetro de bancada (Quimis Q400AS) devidamente aferido com soluções tampão pH 4,0 e 7,0. De acordo com Gómez e Andrade (2008), as condições ideais em que o micélio do *Pleurotus ostreatus* pode crescer é com uma variação de pH entre 5,5 e 6,5. Os resultados de pH encontrados nos substratos dessa

pesquisa, bem como as condições de crescimento e frutificação a que os substratos foram submetidos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Condições de produção do *Pleurotus ostreatus* em diferentes substratos.

Substratos	pH	Crescimento do Micélio			Frutificação e colheita		
		Temp	Umidade	Luz	Temp	Luz	Período Colheita
Farelo de amêndoa+polpa	5,22	25°C	60%	sem	22,6°C	com	80 dias
Farelo de amêndoa	5,10	25°C	60%	sem	22,6°C	com	–

4.4 ANÁLISES PARA CARACTERIZAÇÃO INICIAL, APÓS ENRIQUECIMENTO COM FUNGO E PRODUÇÃO DE COGUMELOS

A determinação das propriedades físicas e químicas, em base úmida: massa 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) e digestibilidade *in vitro* de todas as amostras, antes e após o enriquecimento com fungos, foi realizada em triplicata, no Laboratório de Nutrição Animal/ Faculdade de Ciências Agrárias/UFGD.

4.4.1 Análises do Teor Nutricional

4.4.1.1 Matéria seca - MS (SILVA e QUEIROZ, 2002).

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

4.4.1.2 Cinzas ou Matéria Mineral - MM (SILVA e QUEIROZ, 2002).

As cinzas resultaram da incineração das amostras durante 2 h, após a mufla (Mod. 0612, Fornos Jung) atingir a temperatura de 600°C. Após este tempo, aguardou-se o decaimento da temperatura até atingir aproximadamente 250°C para então, transferir as amostras para um dessecador até atingir temperatura ambiente e serem pesadas. Para calcular a matéria mineral (MM), utilizou-se a Equação (1):

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(\text{Massa amostra após incineração})}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad (1)$$

4.4.1.3 Proteína Bruta - PB (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), para então ir para o bloco digestor (Mod. MA 4025/SCR, Marca Marconi). 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 foi conduzida juntamente com o teste.

Ao final da digestão e a amostra estando fria, adicionou-se água destilada e, após conexão em equipamento de destilação (Mod. TE – 0363, Marca Tecnal), foi dispensado soda cáustica 50% (m/v), sendo a amônia liberada nesta reação 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 Equação (2).

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(V_{\text{gasto}} - V_{\text{branco}}) \times FC \times (N \times 14 \times 6,25)}{m_{\text{amostra}} \times 1000} \times 100 \quad (2)$$

onde V_{gasto} , é o volume gasto na titulação em mL; V_{branco} , 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 m_{amostra} é a massa da amostra em gramas.

4.4.1.4 Fibra em Detergente Neutro - FDN (DETMANN et al., 2012 segundo Van Soest, 1967).

As amostras para análise de FDN foram pesadas em sacos de tecido TNT, previamente tratados com acetona, secos em estufa e identificados um a um. Após inserção das amostras, os mesmos foram selados por calor e acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde se adicionou a solução de detergente neutro (solução composta por sulfato láurico de sódio, ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA, tetraborato de sódio, fosfato de sódio dibásico, trietilenoglicol e água destilada, previamente preparada e conservada sob refrigeração até o momento da análise) e foi mantido por 1 h a 105°C.

Após este tempo, os sacos foram removidos do aparelho e lavados, primeiramente com água destilada quente (temperatura $\geq 90^\circ\text{C}$) seguido de acetona e, então, levados a estufa por 24 h a 105°C. Da estufa foram colocados em dessecador até atingir temperatura ambiente para posteriormente ser pesados. Após o término deste procedimento, os sacos não foram descartados para posterior análise sequencial da fibra em detergente ácido. O cálculo utilizado para resultados de FDN seguiu a Equação (3).

$$\% FDN = \frac{(\text{Massa após digestão neutra})}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad (3)$$

4.4.1.5 Fibra em Detergente Ácido - FDA (DETMANN et al., 2012 segundo Van Soest, 1967).

Os sacos de tecido TNT após análise de FDN, foram novamente acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde se adicionou a solução de detergente ácido (solução composta por brometo de cetil

trimetilamônio, ácido sulfúrico concentrado e água destilada, previamente preparada e conservada sob refrigeração até o momento da análise) e foi mantido por 1 hora a 105°C.

Após este tempo, os sacos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura $\geq 90^\circ\text{C}$) e com acetona e, então, levados a estufa por 24 horas a 105°C. Da estufa foram colocados em dessecador até atingir a temperatura ambiente para poder ser pesados e posteriormente realizar o cálculo da porcentagem de FDA (Equação 4). As amostras desta etapa também não foram descartadas, pois o conteúdo residual de cada um dos saquinhos foi utilizado na análise de lignina.

$$\% FDA = \frac{(\text{Massa após digestão ácida})}{\text{Massa da amostra FDN}} \times 100 \quad (4)$$

4.4.1.6 Lignina (SILVA e QUEIROZ, 2002 segundo Van Soest, 1967).

A análise de lignina foi realizada através do método “permanganato”. Os sacos 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. O conjunto, cadinhos filtrantes mais 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 atingisse a parte inferior dos cadinhos e as amostras começassem a umedecer. Em seguida foi adicionada uma solução combinada de permanganato de potássio (mistura de solução de KMnO_4 com solução tampão na razão 2:1 v/v) em cada cadinho e, para permitir que a solução entrasse em contato com todas as partículas, o conteúdo foi mexido com pequenos bastões de vidro a cada 15 min por um período de tempo compreendido entre 1,5 e 2 h, mantendo o nível da solução de permanganato nos cadinhos igual ao nível de água na bandeja, completando a solução, se necessário.

Após o tempo as amostras foram filtradas sob vácuo e os cadinhos filtrantes esgotados foram colocados em uma bandeja de vidro limpa, com água. Uma solução de desmineralização (solução composta por ácido oxálico, etanol, ácido clorídrico concentrado e água destilada) foi adicionada deixando em contato por 10-15 min, até o resíduo ficar claro (cor amarelada a branca), completando com a solução, se necessário. Em seguida foram filtrados e lavados com uma solução de etanol a 80%

(V/V). Os cadinhos contendo as amostras foram novamente succionados a vácuo, sendo repetido este procedimento, de lavagem com álcool e filtragem, por mais duas vezes. De maneira similar foram feitas mais duas lavagens com acetona, sempre filtrando sob vácuo até esgotar.

Os cadinhos filtrantes com os resíduos foram secos em estufa durante uma noite a 100°C, removidos após para dessecador e pesados para cálculo, conforme Equação (5). As amostras não foram descartadas para, de forma sequencial, analisar celulose.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{[(\text{Massa inicial amostra}) - (\text{Massa final amostra})]}{\text{Massa da amostra FDN}} \times 100 \quad (5)$$

4.4.1.7 Celulose (SILVA e QUEIROZ, 2002 segundo Van Soest, 1967).

Para se obter a quantidade de celulose a partir do resíduo de lignina, submeteu-se os cadinhos filtrantes para queima em mufla a 500°C, pelo tempo de 3 h. Após esse tempo aguardou-se o decaimento da temperatura até atingir aproximadamente 250°C para então, transferir as amostras para um dessecador até atingir temperatura ambiente e serem pesadas. Para calcular a percentagem de celulose utilizou-se a Equação (6):

$$\% \text{ Celulose} = \frac{\text{Massa residual da amostra}}{\text{Massa da amostra FDN}} \times 100 \quad (6)$$

4.4.1.8 Extrato Etéreo ou Gordura - EE (SILVA e QUEIROZ, 2002 adaptado pelo Laboratório de Nutrição Animal/UFGD, para uso em equipamento Marconi modelo MA 044/8/50).

A análise de gordura foi realizada pelo método a quente utilizando-se hexano como solvente. As amostras foram pesadas em cartuchos preparados com filtro de papel, embrulhados em forma de trouxinha, de forma a não perder amostra. Os copos reboiler (frascos de vidro) do determinador de óleos e graxas (Mod. MA 044/8/50, Marca Marconi) também foram pesados, tendo, em ambas as pesagens, cuidado para não tocar nos materiais com as mãos sem luvas, ou com as luvas sujas, pois podem absorver gordura, alterando o resultado final da amostra.

A trouxinha contendo a amostra foi colocada no suporte do extrator, de modo a ser mergulhada em seu respectivo copo contendo hexano, também encaixado ao equipamento. Após ligar o sistema de resfriamento dos condensadores acionou-se o interruptor elétrico de forma a atingir uma temperatura de 85°C. Após cair a primeira gota de solvente nos copos, aguardou-se um tempo de 2 h, para então iniciar a recuperação do solvente. Os copos foram levados a estufa a 105°C por 15 min e, posteriormente, transferidos para um dessecador antes de proceder a pesagem dos mesmos. O percentual de gordura foi calculado por diferença de massa dos copos reboiler antes e após esta extração.

4.4.1.9 Fibra Bruta - FB (SILVA e QUEIROZ, 2002 adaptado pelo Laboratório de Nutrição Animal/UFGD, para uso em equipamento Marconi modelo MA 044/8/50).

As amostras para análise de FB foram pesadas em sacos de tecido TNT, previamente tratados com acetona, secos em estufa e identificados. Após inserção das amostras os mesmos foram selados por calor e acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde se iniciou 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 este tempo, os sacos 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 adicionado solução de hidróxido de sódio (0,313 N) e mantido em fervura por mais 30 min. Após, os sacos foram removidos do equipamento e lavados com água destilada quente e com acetona e, então, levados a estufa por 24 h a 105°C.

Da estufa foram colocados em dessecador até atingir a temperatura ambiente para poder ser pesados e colocados em cadinhos (também previamente secos em estufa e pesados) para serem submetidos a queima em mufla a temperatura de 500°C por 2 h. Os cadinhos removidos da mufla foram colocados em dessecador para posterior pesagem.

O cálculo utilizado para resultados de % de fibra, % cinzas e % FB seguiu as Equações (7), (8) e (9).

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(\text{Massa amostra após digestão})}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ Cinzas FB} = \frac{(\text{Massa amostra após digestão})}{\text{Massa inicial da amostra}} \times 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ FB} = \% \text{ Fibra} - \% \text{ Cinzas FB} \quad (9)$$

4.4.1.10 Digestibilidade *in vitro* (SILVA e QUEIROZ, 2002 segundo Tilley e Terry, 1963 - Procedimento em duas etapas).

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 um a um. 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 adicionados aos mesmos uma solução de ácido clorídrico 6 N e uma solução de pepsina 5% (m/v). Os tubos foram colocados de volta à estufa, destampados, 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 105°C por 16 h, 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 Equação (10).

$$\% \text{ Digestibilidade in vitro da matéria seca} = \frac{[A - (B - Br)]}{A} \times 100 \quad (10)$$

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 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os parâmetros foram analisados para cada tratamento experimental utilizando-se o programa Microsoft Excel 2010 para cálculo da média e do desvio padrão das amostras. Já o teste de Tukey, para determinação de outros parâmetros relevantes, para um nível de confiança de 95%, foi realizado com auxílio do programa Assistat 7.7 pt, desenvolvido pelo prof. Dr. Francisco de A. S. e Silva da Universidade Federal de Campina Grande, registro INPI 0004051-2, cópia não registrada distribuída gratuitamente.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nossos resultados foram apresentados em base seca, que é a massa do material analisado livre de água, conforme esquema representativo na Figura 13.

Como a quantidade de água varia na composição de cada alimento, geralmente a informação da composição nutritiva dos alimentos é apresentada em base seca, tornando possível a comparação entre eles e, além disso, o equilíbrio nutricional de uma ração (cálculo da dieta) é expresso em kg de matéria seca/animal/dia (RODRIGUES, 2010). É a matéria seca que engloba todos os nutrientes orgânicos e minerais contidos nos alimentos (SALMAN et al., 2010), é o peso do material analisado livre de água.

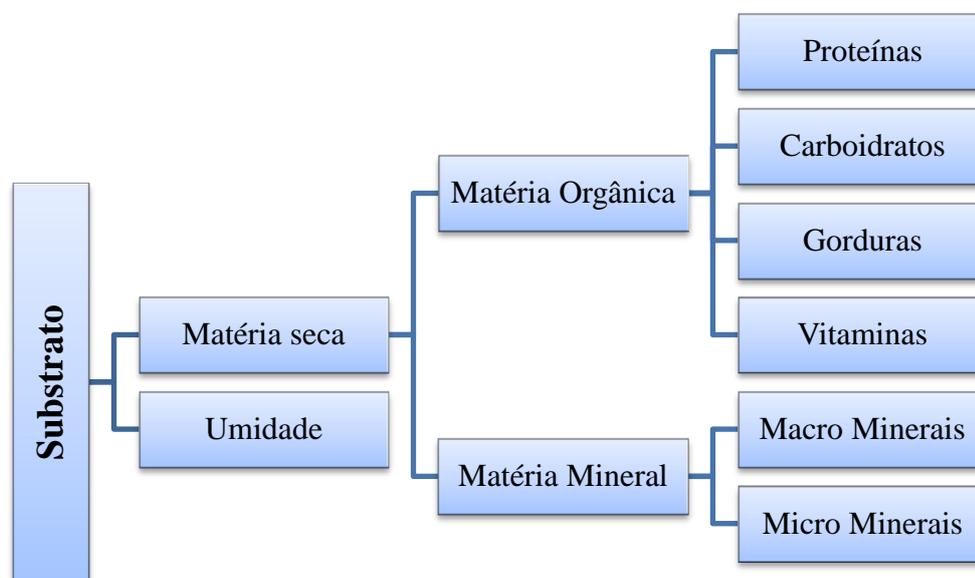


Figura 13 – Fluxograma do fracionamento analítico dos alimentos de acordo com o sistema de Weende proposto por Henneberg, em 1864.

O organismo do animal aproveita, com fins nutricionais, somente a fração nutritiva que integra a matéria seca. Da mesma forma, se o interesse é comparar o resultado de análises em diferentes épocas do ano, locais ou regiões distintas, sempre essa comparação é feita em base de matéria seca, isto é, como se o alimento contivesse 100% da mesma (RODRIGUES, 2010).

Como a metodologia de análise resulta em dados relativos à base úmida, foi realizado um ajuste à base 100% de matéria seca seguindo a fórmula de Rodrigues, 2010:

$$Base\ seca = \frac{\% \text{ resultado}}{\% \text{ MS } (105^{\circ}\text{C})} \times 100$$

Onde,

% resultado = % do resultado da análise em base úmida

% MS (105°C) = % de matéria seca na amostra

A discussão de todos os resultados será realizada baseando-se nas tabelas em base seca.

5.1 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS

5.1.1 Caracterização da Polpa, Farelo da Polpa, Farelo da Amêndoa, Epicarpo e Cacho da Macaúba

Na Tabela 4 são apresentados os resultados experimentais relativos à caracterização inicial da polpa com a quantidade original de óleo, do farelo da polpa e do farelo da amêndoa, bem como do epicarpo e do cacho da macaúba, sendo estes em base úmida. Já a Tabela 5 apresenta os mesmos dados em base seca.

Tabela 4 – Resultados das análises bromatológicas realizadas na polpa e nos resíduos da extração do óleo de macaúba (*A. aculeata*) em base úmida.

Análises realizadas (%)	Amostras				
	Polpa	Farelo da polpa	Farelo da amêndoa	Epicarpo	Cacho
Cinzas	3,99 ± 0,10	6,09 ± 0,12	4,07 ± 0,09	3,68 ± 0,06	6,10 ± 0,11
Proteína Bruta	4,75 ± 0,30	7,19 ± 0,30	26,10 ± 0,48	2,44 ± 0,23	1,64 ± 0,38
FDN	48,03 ± 0,34	52,27 ± 0,06	47,28 ± 0,69	72,23 ± 0,81	78,56 ± 0,32
FDA	25,96 ± 0,27	21,41 ± 0,80	32,57 ± 0,43	50,63 ± 0,63	55,49 ± 0,47
Lignina	7,11 ± 0,39	3,67 ± 0,40	15,02 ± 0,29	8,56 ± 0,90	15,71 ± 0,13
Celulose	8,22 ± 0,56	12,57 ± 0,48	11,59 ± 1,67	41,43 ± 0,89	33,30 ± 1,04
Fibra Bruta	22,27 ± 0,59	15,63 ± 0,47	27,93 ± 0,33	50,45 ± 0,98	52,94 ± 1,33
Extrato Etéreo	31,91 ± 0,22	3,67 ± 0,01	19,32 ± 1,20	1,93 ± 0,41	ñ realizada

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

Tabela 5 – Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade *in vitro* realizadas na polpa e nos resíduos da extração do óleo de macaúba (*A. aculeata*) em base seca.

Análises realizadas (%)	Amostras				
	Polpa da macaúba	Farelo da polpa	Farelo da amêndoa	Epicarpo	Cacho
Matéria Seca	93,13 ± 0,15	91,77 ± 0,17	93,85 ± 0,11	90,95 ± 0,06	93,56 ± 0,11
Cinzas	4,29 ± 0,10	6,64 ± 0,14	4,34 ± 0,09	4,05 ± 0,07	6,52 ± 0,12
Proteína Bruta (PB)	5,10 ± 0,32	7,83 ± 0,33	27,81 ± 0,52	2,69 ± 0,25	1,76 ± 0,41
FDN	51,57 ± 0,37	56,95 ± 0,07	50,38 ± 0,73	79,41 ± 0,89	83,96 ± 0,35
FDA	27,88 ± 0,29	23,33 ± 0,88	34,71 ± 0,46	55,66 ± 0,70	59,31 ± 0,50
Lignina	7,64 ± 0,42	4,00 ± 0,43	16,01 ± 0,31	9,41 ± 0,99	16,79 ± 0,15
Celulose	8,82 ± 0,60	13,69 ± 0,52	12,35 ± 1,78	45,56 ± 0,98	35,60 ± 1,11
Hemicelulose Teórica*	79,45	80,28	85,09	135,07	143,27
MO Teórica**	95,71	93,36	95,66	95,95	93,48
Fibra Bruta (FB)	23,91 ± 0,63	17,04 ± 0,51	29,76 ± 0,35	55,47 ± 1,07	56,59 ± 1,42
Extrato Etéreo	34,26 ± 0,24	4,00 ± 0,02	20,59 ± 1,28	2,12 ± 0,45	ñ realizada
Digestibilidade	70,91 ± 3,50	72,91 ± 4,95	67,97 ± 0,69	22,26 ± 0,50	19,58 ± 1,40

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica* = % FDN + % FDA; MO = Matéria Orgânica Teórica** = 100 – Cinzas

A polpa da macaúba foi analisada com sua quantidade de óleo integralmente (34,26%). Após o processo de extração do óleo da polpa, foi obtida uma quantidade mínima do mesmo (4,00%). O farelo da polpa obtido após extração de óleo apresentou proporção superior dividida entre cinzas, proteína bruta, FDN e celulose.

Os resultados de cinzas ou matéria mineral refletem a porção inorgânica do alimento, indicando quão rica é a amostra em elementos minerais. Pode-se verificar um maior índice no farelo da polpa seguido do cacho, farelo da amêndoa e, por último do epicarpo.

Na análise de proteína bruta o grande destaque foi o farelo da amêndoa com teores muito superiores às demais amostras analisadas. Esse valor proteico do farelo da amêndoa sinaliza sua potencialidade como ingrediente de ração animal. Segundo estudos (SALMAN et al., 2010), o valor proteico mínimo para que um aditivo contribua na composição da ração como um concentrado é de 20% na matéria seca, estando, portanto o farelo de amêndoa dentro do padrão desejado para este fim, apresentando valor de 27,81% de proteína bruta.

O cacho seguido do epicarpo, conforme o esperado apresentaram os valores mais altos para FDN e FDA, já que os componentes principais dessas fibras são:

celulose, hemicelulose e lignina. Os altos valores de FDN são indicativos de limitação de seu uso em grandes quantidades, pois ocasionam o enchimento do trato gastrointestinal, dificultando a digestão pelas enzimas alimentares do organismo animal e a absorção no intestino (REVELLO, 2014). As amostras de farelo da polpa e da amêndoa apresentaram níveis de FDN ao redor de 50%, sendo este valor considerado como bom em silagem de milho (RODRIGUES, 2010). O mesmo não aconteceu com todas as amostras referentes ao FDA, pois apresentaram valores entre 23% a 59%, sendo o nível máximo aconselhado de 21% da matéria seca da dieta (RODRIGUES, 2010).

O tempo de ruminação está altamente correlacionado ao consumo de FDN (FIGUEIREDO et al., 2013). De acordo com Van Soest (1994), a natureza da dieta influencia o tempo de ruminação e tende a ser proporcional ao teor da parede celular dos volumosos; assim alimentos concentrados e fenos reduzem o tempo gasto no rumem, enquanto volumosos com alto teor de parede celular tendem a elevar este tempo, sendo considerada uma alimentação de boa qualidade aquela que atinge rapidamente o ponto final da digestão. A redução do tempo de ruminação implica em menor gasto de energia e proporciona maior tempo de descanso ao animal.

Os teores de lignina do cacho e do farelo de amêndoa foram similares (16,79 e 16,01% respectivamente). As outras amostras analisadas apresentaram percentuais inferiores a 10%. Em nossos resultados prévios (REVELLO, 2010) os teores determinados foram 21,68% de lignina para o farelo de amêndoa, 3,17% para o farelo da polpa e 7,32% para o epicarpo da macaúba.

A análise do teor de celulose, assim como FDN e FDA já mencionados, apresentou valores muito elevados para o epicarpo (45,56%) e cacho (35,60%). Os índices para o farelo da polpa (13,69%) e farelo da amêndoa (12,35%) foram muito inferiores.

Através da análise de digestibilidade pode-se comprovar a coerência dos valores citados acima onde as amostras com maiores índices de FDN, FDA, Lignina e celulose são justamente as que apresentaram menor digestibilidade, estando de acordo com a afirmação de Rodrigues (2010): “Negativamente correlacionados com a digestibilidade, os valores mais altos indicam menor digestibilidade.” O cacho da macaúba resultou em 19,58% de digestibilidade, seguido do epicarpo 22,26%. Já os farelos da polpa e amêndoa apresentaram valores acima de 65%. O parâmetro de

digestibilidade de um alimento constitui fator determinante para a disponibilidade de seus nutrientes aos animais, norteador o balanceamento adequado de dietas para suprir as demandas dos mesmos (DETMANN et al., 2006).

O teor de fibra bruta é inversamente relacionado com o teor de energia (característica atribuída aos alimentos concentrados). Alimentos com alto teor de fibra desempenham o papel dos volumosos, cuja função principal é dar consistência ao bolo alimentar (RODRIGUES, 2010). De todas as amostras analisadas, somente o farelo da polpa pôde ser classificado como concentrado (FB < 18% na matéria seca) energético (PB < 20% na matéria seca). As outras amostras, de acordo com o resultado de fibras, foram classificadas como volumosos (FB > 18% na matéria seca) seco (umidade < 12%) (GONÇALVES et al., 2009; SALMAN et al., 2010).

A adequação da relação entre dietas contendo alimentos volumosos e concentrados está ligada a fatores relacionados ao animal, ao alimento e a condições de alimentação, podendo ser recomendadas rações que variam em níveis de 70 a 90% de concentrados, cabendo a cada produtor a escolha desses níveis de administração de acordo com a realidade de sua propriedade, bem como a disponibilidade de alimentos de cada região (ARRIGONI et al., 2013).

O extrato etéreo indica a quantidade total de gorduras presentes na amostra. O valor de extrato etéreo como o encontrado nas amostras de farelo da polpa (4,00%) pode representar aspecto positivo, haja vista que um bom limite de inclusão em dietas de ruminantes seja em torno de 5% de gordura (BARBOSA, 2010). Em geral os volumosos contêm baixos teores de gordura e, deste modo, este nutriente tende a estar sempre em pequenas quantidades nas dietas de ruminantes. Por outro lado, deve ser observado que dietas com excessivas quantidades de gordura podem causar mudanças na fermentação ruminal, pois um dos efeitos dos lipídeos é a redução do crescimento microbiano, podendo afetar a degradação ruminal (SOBREIRA, 2011; BARRETO, 2008).

Neste caso, em particular, o elevado teor de gordura encontrado nas amostras de farelo da amêndoa estudadas pode ser resultante da metodologia da extração dos óleos empregada. O processo realizado em nosso laboratório (trituração manual, seguida de extração por solvente) está limitado aos procedimentos de bancada, visando apenas a obtenção dos óleos com o mínimo de oxidação dos mesmos. Em um procedimento comercial, que se vislumbra retorno financeiro, os processos de

extração são exaustivos, afinal o óleo extraído possui valor de mercado superior ao dos farelos em geral.

5.1.2 Caracterização das Misturas de Substrato - Farelo da polpa com: Farelo de Amêndoa, Cacho e Epicarpo

Os resultados experimentais relativos à caracterização inicial das misturas do farelo da polpa, na proporção 1:1, com farelo da amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, em base úmida e seca.

Análises realizadas (%)	Amostras					
	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa Base úmida	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa Base seca	Farelo da Polpa + Cacho Base úmida	Farelo da Polpa + Cacho Base seca	Farelo da Polpa + Epicarpo Base úmida	Farelo da Polpa + Epicarpo Base seca
Matéria Seca	91,43 ± 0,02	91,43 ± 0,02	90,86 ± 0,06	90,86 ± 0,06	90,16 ± 0,24	90,16 ± 0,24
Cinzas	4,92 ± 0,18	5,40 ± 0,17	5,74 ± 0,06	6,32 ± 0,07	5,21 ± 0,18	5,78 ± 0,20
Proteína Bruta	15,21 ± 0,24	16,63 ± 0,26	4,97 ± 0,16	5,47 ± 0,17	4,26 ± 0,14	4,73 ± 0,15
FDN	44,84 ± 0,84	49,04 ± 0,92	53,14 ± 0,96	58,49 ± 1,05	46,79 ± 0,72	51,89 ± 0,79
FDA	24,04 ± 0,82	26,29 ± 0,90	33,05 ± 0,74	36,38 ± 0,81	27,68 ± 0,58	30,70 ± 0,65
Lignina	8,40 ± 0,13	9,19 ± 0,15	9,14 ± 0,32	10,06 ± 0,35	4,59 ± 0,23	5,09 ± 0,26
Celulose	15,63 ± 0,19	17,09 ± 0,20	23,48 ± 0,57	25,85 ± 0,63	23,45 ± 0,77	26,01 ± 0,85
Hemicel Teórica*	68,88	75,33	86,19	94,87	74,47	82,59
MO Teórica**	95,08	94,60	94,26	93,68	94,79	94,22
Fibra Bruta (FB)	19,62 ± 1,22	21,45 ± 1,34	29,94 ± 3,49	32,95 ± 3,84	23,64 ± 0,40	26,22 ± 0,44
Extrato Etéreo	10,00 ± 0,05	10,93 ± 0,05	1,69 ± 0,06	1,86 ± 0,06	2,91 ± 0,07	3,23 ± 0,08
Digestibilidade	–	63,64 ± 1,21	–	51,73 ± 0,50	–	59,73 ± 1,85

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica* = % FDN + % FDA; MO = Matéria Orgânica Teórica** = 100 – Cinzas

Os valores encontrados em todas as misturas coincidem com as médias de cada componente individual, conforme Tabela 5 (caracterização inicial). O farelo da amêndoa aportou proteína para a mistura (farelo da polpa + farelo da amêndoa) assim como as misturas com cacho e epicarpo proporcionaram ligeira queda na digestibilidade, se comparado ao farelo da polpa sozinho (72,91%).

Esta tabela será importante para comparação de dados após processo de bioconversão.

5.1.3 Caracterização da Polpa mais Epicarpo Despoldadeira

Nesse trabalho também foi usado o farelo da polpa de macaúba obtido de outro processo de extração do fruto.

O fruto despoldado em despoldadeira mecânica, polpa + epicarpo na proporção aproximada de 2:1, foi caracterizado em sua forma integral e após extração do óleo, sendo este chamado de farelo (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultados das análises bromatológicas realizadas nas amostras de polpa mais epicarpo de macaúba (*A. aculeata*), na sua forma integral e o farelo após extração do óleo, oriundos de despoldadeira mecânica - em base úmida e seca.

Análises realizadas (%)	Amostras			
	Polpa+epicarpo Base úmida	Polpa+epicarpo Base seca	Farelo Polpa+epicarpo Base úmida	Farelo Polpa+epicarpo Base seca
Matéria Seca	90,38 ± 0,10	90,38 ± 0,10	84,90 ± 0,05	84,90 ± 0,05
Cinzas	3,91 ± 0,07	4,33 ± 0,08	3,70 ± 0,12	4,35 ± 0,14
Proteína Bruta (PB)	3,23 ± 0,17	3,57 ± 0,19	4,19 ± 0,18	4,93 ± 0,21
FDN	51,64 ± 0,37	57,14 ± 0,40	54,16 ± 1,30	63,80 ± 1,53
FDA	16,59 ± 0,35	18,35 ± 0,38	17,78 ± 0,71	20,94 ± 0,84
Lignina	3,41 ± 0,60	3,77 ± 0,66	4,89 ± 0,17	5,76 ± 0,20
Celulose	8,38 ± 0,24	9,27 ± 0,26	11,14 ± 0,45	13,12 ± 0,53
Hemicelulose Teórica*	68,23	75,49	71,94	84,74
MO Teórica**	96,09	95,67	96,30	95,65
Fibra Bruta (FB)	11,26 ± 1,10	12,45 ± 1,22	14,04 ± 0,54	16,53 ± 0,63
Extrato Etéreo	18,61 ± 0,01	20,58 ± 0,01	2,31 ± 0,23	2,71 ± 0,27

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica* = % FDN + % FDA; MO = Matéria Orgânica Teórica** = 100 – Cinzas

Em relação à polpa+epicarpo da macaúba com sua quantidade de óleo na íntegra (de como foi despoldada em máquina despoldadeira específica) com valor de 20,58% de óleo, com o farelo desta mesma amostra, que passou pelo processo de extração do óleo, ficando com residual de 2,71%, verifica-se valores mais elevados de proteína bruta, FDN, FDA, lignina, celulose e fibra bruta para a amostra de farelo, embora

sejam valores próximos das duas amostras, com maior e menor percentual de gordura.

5.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS

Esse processo biotecnológico de cultivo em estado sólido foi testado com variações no procedimento de umidade das amostras. A seguir, tendo definida a quantidade ideal de água a ser incorporada nas amostras, partiu-se para a etapa seguinte que engloba a esterilização, inoculação e o crescimento dos fungos.

Todas as medidas foram feitas em triplicatas.

5.2.1 Variação da umidade

O conteúdo de umidade influencia diretamente sobre o crescimento dos fungos, pois afeta não só a disponibilidade de nutrientes como também a disponibilidade de oxigênio, afinal a água ocupa espaços que poderiam ser ocupados pelo ar, podendo, a níveis excessivos ser uma limitante para a respiração do fungo (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001).

Cada substrato possui uma capacidade de retenção de água diferente e o cuidado com a adição máxima de água é na consistência final da amostra, que deve ser com aspecto de grumos. Uma massa pastosa dificulta a porosidade do material e influencia diretamente no processo de crescimento dos fungos (BREYER; PAZ; GIOVANNI, 2007). A umidade ideal recomendada no substrato para o desenvolvimento dos fungos varia de autor para autor, podendo ser encontrado conteúdos mais abrangentes, entre 50 a 80% (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001) ou em torno de 70 a 75% de água (URBEN, 2004), sendo o conteúdo ótimo dependente não só da espécie do fungo que se cultivava, como também do substrato utilizado.

Nesse estudo testamos o crescimento dos fungos em variadas quantidades de umidade, procurando chegar a níveis mais elevados possíveis de acordo com os valores recomendados, sendo esta quantidade máxima de adsorção de água pela amostra, de tal forma que a mesma ainda apresentasse uma forma granulada para que a passagem de ar não fosse prejudicada.

A Tabela 8 sumariza o percentual de umidade conseguido para as amostras utilizadas no estudo, bem como o fungo utilizado e uma prévia do resultado da miceliação, acusando o crescimento ou não das colônias para cada teste realizado.

Tabela 8 – Umidades testadas nas amostras, fungo utilizado e resultado da miceliação.

Amostra	Umidade (%)	Fungo		Crescimento do fungo
		PO	PS	
Farelo da polpa	60	x		Não
	59		x	Não
	52		x	Não
Polpa com gordura	48	x		Não
	47		x	Não
	39		x	Não
Polpa com epicarpo *	35	x		Não
	35		x	Não
	30		x	Não
Farelo da polpa com epicarpo **	42	x		Não
	42		x	Não
	39		x	Não
Farelo da polpa+amêndoa (1:1)	67	x		Não
	51	x		Sim
	56		x	Sim
Farelo da polpa+Cacho (1:1)	76	x		Sim
	72		x	Sim
Farelo da polpa+Epicarpo (1:1)	68	x		Sim
	65		x	Sim

Polpa com epicarpo integral do fruto, adquiridos por despolpadeira mecânica, com óleo* e após extração do óleo**; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*;

As misturas realizadas utilizando o cacho e epicarpo de macaúba triturado tiveram o propósito de elevar a umidade das amostras, favorecendo o aumento da porosidade e adsorção da água, afinal, ambos contem alto teor de fibra que serviram para retenção da umidade nas amostras.

Pode ser verificado na tabela acima que o farelo da polpa puro, para o qual tivemos o valor máximo de umidade conseguida de 60% não foi favorável para o crescimento de nenhuma das duas espécies de fungos. A mesma amostra quando misturada, na proporção 1:1 com o epicarpo e cacho, mesmo na pior condição conseguida (umidade de 65%) apresentou resultado positivo para o crescimento do micélio. O mesmo farelo da polpa, quando misturado também na proporção 1:1 com o farelo da amêndoa, apresentou resultado negativo para o crescimento com a maior

umidade conseguida (67%). A mesma composição, com umidade mais baixa, 51% (com *Pleurotus ostreatus*) e 56% (com *Pleurotus sajor-caju*), acarretou no completo desenvolvimento dos micélios. Portanto, umidade mais elevada nem sempre representa a melhor condição. A percolação do oxigênio pela amostra demonstrou ser o critério mais importante, tendo este sido facilitado pelo uso do cacho e epicarpo.

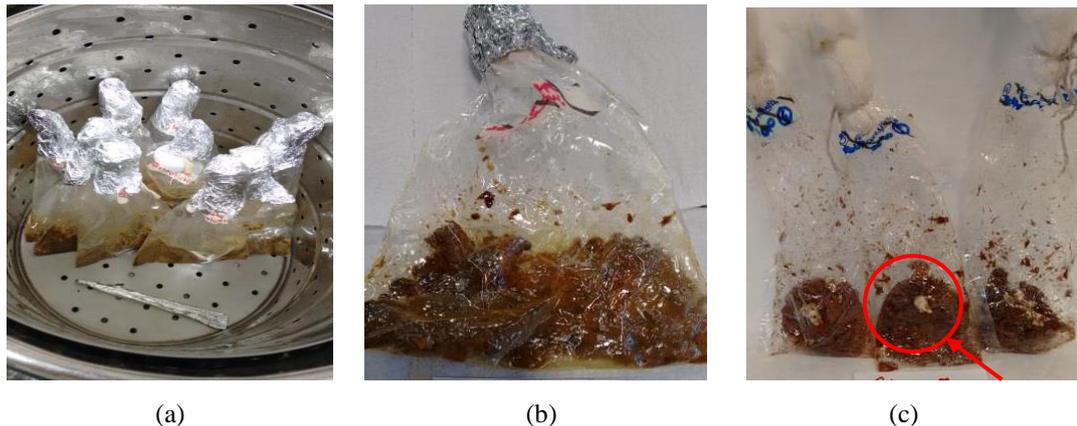
O farelo da polpa puro, a polpa com gordura na sua forma integral extraída do fruto e, da polpa com epicarpo adquirida em despulpadeira mecânica, independente das variações de umidade e do fungo utilizado, não apresentou nenhum resultado positivo, ou seja, o crescimento do micélio não ocorreu.

Vale ressaltar que o farelo da polpa com epicarpo adquirida em despulpadeira mecânica equivale a uma proporção em torno de 2:1, já que o fruto inteiro é submetido em equipamento automático para despolpar, sendo esta amostra inviável ao crescimento enquanto que, a amostra da mistura de farelo da polpa com epicarpo realizada por pesagem de ambos na proporção 1:1 se mostrou com características propícias para o crescimento. Novamente neste teste se comprovou a eficiência do uso do epicarpo como umectante. A maior quantidade de polpa da primeira amostra citada (2:1) não favoreceu a umidade das amostras (máximo atingido de 42%) e nem o crescimento dos fungos.

5.2.2 Etapa de Esterilização e Inoculação com Fungos

Esta etapa é antecedente a inoculação sendo realizada a esterilização do material já com a quantidade de água possível agregada, (saco mais amostras e tampão de algodão), devido à possibilidade do substrato apresentar contaminantes (bactérias e fungos) e cada um desses agentes não desejados serem capazes de deteriorar o meio de crescimento dos fungos. Dessa forma, partiu-se do pressuposto que a inoculação se realizou em amostras esterilizadas.

Na Figura 14 pode-se visualizar a etapa que antecede a colonização micelial onde, após inoculação do fungo, as amostras foram incubadas em câmara BOD.



(a) (b) (c)
Figura 14 - Amostras em autoclave (a), amostra após retirada da autoclave (b) e, após esterilização do material e inoculação do fungo, através de adição de pequena quantidade de *spawn* no mesmo (c).

5.2.3 Etapa de Crescimento Micelial

Conforme antecipado no item 5.2.1, as únicas amostras que apresentaram resultado positivo para o crescimento micelial foram as misturas de farelo da polpa com farelo de amêndoa, farelo da polpa com cacho e farelo da polpa com epicarpo, todos na proporção 1:1, ou seja, 15 g de cada, totalizando 30 g por saco.

O farelo da polpa puro, a polpa com gordura na sua forma integral extraída do fruto e da polpa com epicarpo adquirida em despoldadeira mecânica, não apresentou nenhum resultado positivo, e após 35 dias do experimento as amostras foram descartadas.

Possivelmente o grau de compactação ou a hidratação, fatores que influenciam diretamente sobre a eficiência de aeração do sistema, não tenham sido adequados para o desempenho dos fungos, ou ainda, os próprios resíduos não sejam um bom substrato para este cultivo de cogumelos (BREYER, PAZ e GIOVANNI, 2007).

5.2.3.1 Crescimento Micelial da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa

Na Figura 15 são apresentados os crescimentos gradativos do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo da polpa com farelo de amêndoa (1:1) que permaneceram por 30 dias em colonização micelial, sendo representado o quarto, o décimo primeiro e o décimo quinto dia após a incubação.

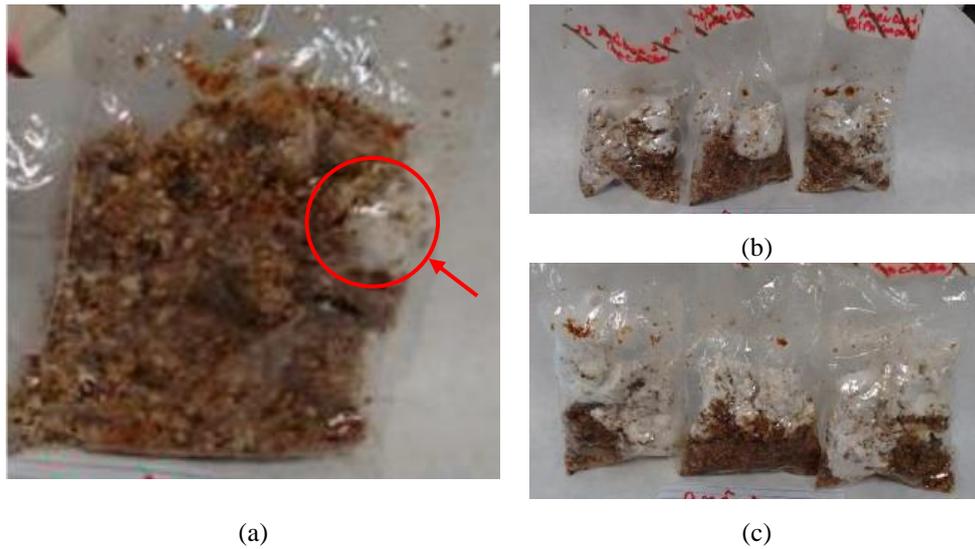


Figura 15 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa: (a) quarto, (b) décimo primeiro e (c) décimo quinto dia de incubação, respectivamente.

Já a Figura 16 representa o quarto, o décimo segundo, décimo sétimo e vigésimo primeiro dias do crescimento do fungo *Pleurotus sajor-caju* nas mesmas amostras do farelo da polpa com farelo de amêndoa (1:1).

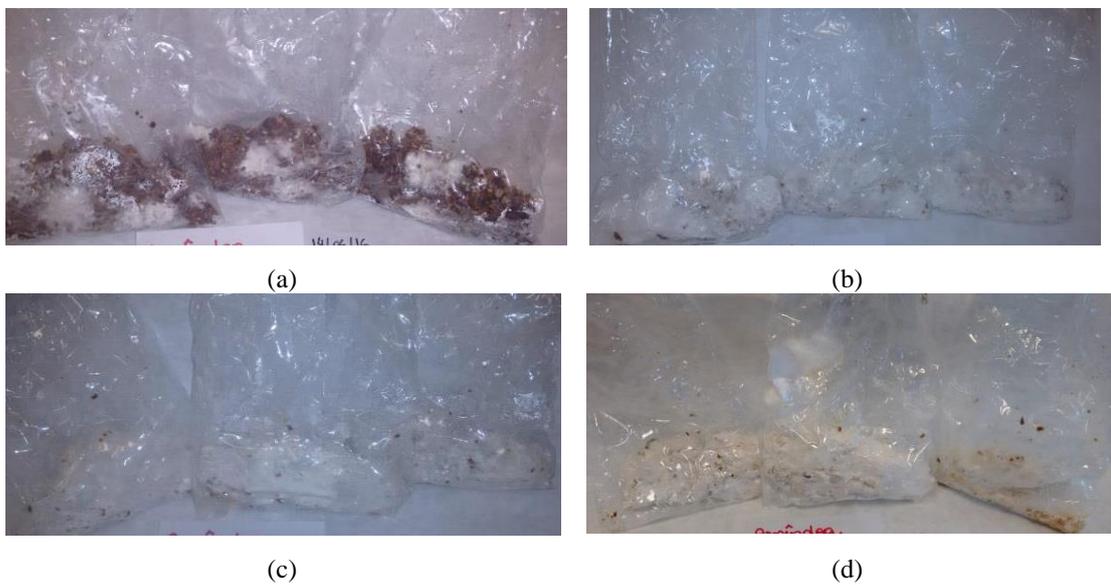


Figura 16 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus sajor-caju* nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa: (a) quarto, (b) décimo segundo, (c) décimo sétimo e (d) vigésimo primeiro dia de incubação, respectivamente.

É possível verificar, comparando-se as duas figuras acima que, para a mesma mistura de amostra, o fungo *Pleurotus ostreatus* desenvolveu-se mais lentamente. Com doze dias passada a data de inoculação, o *Pleurotus sajor-caju* já havia, praticamente, tomado conta de toda a amostra em sua superfície.

Porém, passados 30 dias do início de cada experimento, ambos os fungos estavam totalmente desenvolvidos, de forma que o micélio cobriu todo o substrato (Figura 17), sendo então, os sacos abertos, e a mistura levada à estufa com circulação de ar a 70°C por 24 h, para etapa de secagem, conforme pode ser verificado na Figura 18. Depois de secos, foram triturados e armazenados em condição ambiente para análise.



(a)

(b)

Figura 17 - Crescimento gradativo de ambos os fungos nas amostras de mistura dos farelos da polpa com amêndoa (1:1): (a) *Pleurotus ostreatus* - vinte e oito dias e (b) *Pleurotus sajor-caju* - trinta dias de incubação, respectivamente.



(a)

(b)

Figura 18 - Amostra do farelo com o fungo já incorporado, após 30 dias de incubação (a) e o mesmo após secagem em estufa (b).

5.2.3.2 Crescimento Micelial da Mistura de Farelo da Polpa e Cacho (1:1) e Farelo da Polpa e Epicarpo (1:1)

As amostras do farelo da polpa com cacho e epicarpo da macaúba (1:1) também permaneceram por 30 dias em colonização micelial. Na Figura 19 são apresentados os crescimentos gradativos do fungo *Pleurotus ostreatus* sendo representado o segundo, o oitavo, o décimo sexto, o vigésimo e o vigésimo nono dias após a incubação.

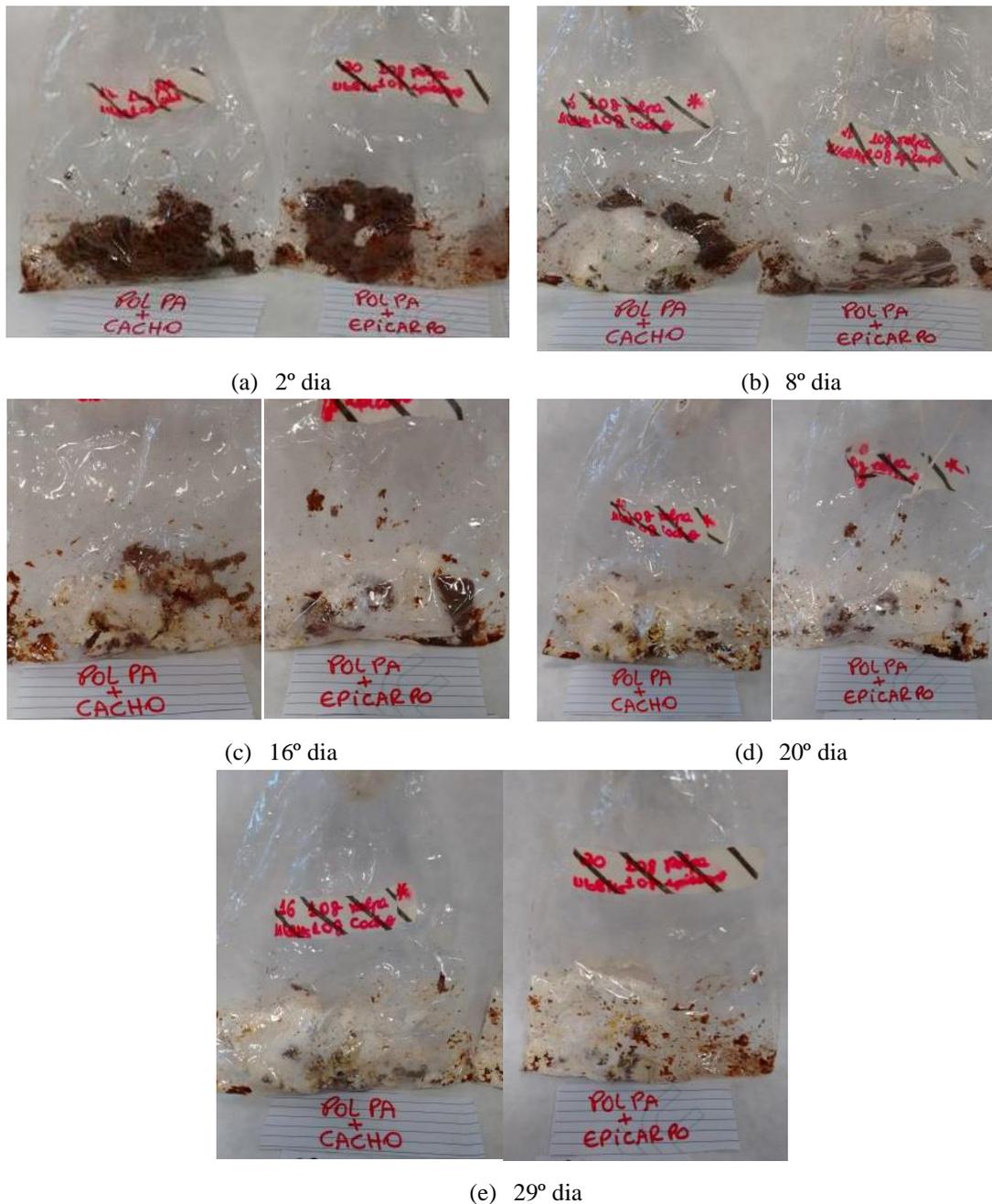


Figura 19 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras de mistura do farelo da polpa com cachaço e epicarpo da macaúba respectivamente: (a) segundo, (b) oitavo, (c) décimo sexto, (d) vigésimo e (e) vigésimo nono dias de incubação.

Para as mesmas amostras de farelo da polpa com farelo de amêndoa (1:1) porém com o fungo *Pleurotus sajor-caju* temos a Figura 20 que representa o quarto, o sétimo, o décimo sétimo, o vigésimo primeiro e o trigésimo dia do crescimento.

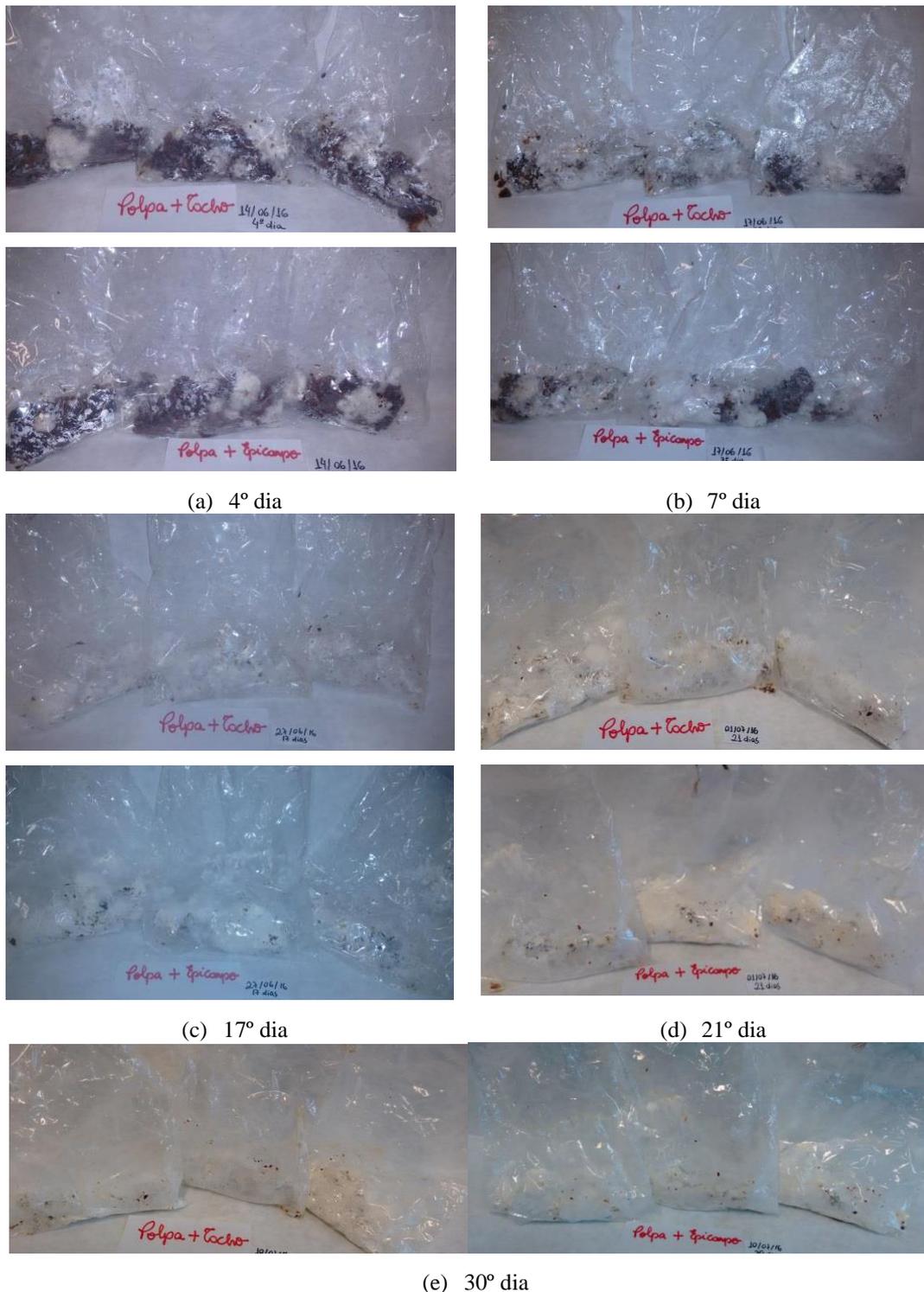


Figura 20 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus sajor-caju* nas amostras de mistura do farelo da polpa com cacho e epicarpo da macaúba: (a) quarto, (b) sétimo, (c) décimo sétimo, (d) vigésimo primeiro e (e) trigésimo dia de incubação, respectivamente.

O crescimento da amostra de farelo da polpa com cacho é muito similar ao da amostra farelo da polpa com epicarpo. Nenhum deles se sobressaiu na velocidade de crescimento, eles praticamente evoluíram juntos.

Já o tipo de fungo sim destacou o *Pleurotus sajor-caju* com maior eficiência no crescimento diário. Novamente, comparando-se as Figuras 19 e 20, tanto para amostra de polpa cacho como polpa epicarpo, percebe-se que o fungo *Pleurotus ostreatus* desenvolveu-se mais lentamente. Com dezessete dias passada a data de inoculação, o *Pleurotus sajor-caju* já havia, praticamente, tomado conta de ambas as amostras em sua superfície.

Aos 30 dias do início da miceliação ambos os experimentos foram encerrados, porém o fungo *Pleurotus sajor-caju* foi o que apresentou um crescimento mais envolvente em ambas as amostras. Os sacos foram abertos, e a mistura levada à estufa com circulação de ar a 70°C por 24 h, para etapa de secagem, sendo após triturados e armazenados em condição ambiente para análise.

5.2.3.3 Crescimento Micelial Interrompido por Contaminações

A formação de micélios com colorações distintas a cor branca pode indicar a contaminação fúngica ou bacteriana, demonstrando que em algum passo realizado, de alguma forma a assepsia falhou ou o material foi recontaminado na etapa de inoculação.

Nos experimentos desta pesquisa ocorreu a contaminação em dois testes realizados, em 100% das amostras, sendo estas descartadas e repetido o procedimento. Na Figura 21, abaixo, pode ser vista a imagem de amostras contaminadas através de coloração acinzentada.



Figura 21 - Exemplificação da contaminação fúngica ocorrida em dois testes.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS TRATAMENTO COM FUNGOS

Os resultados obtidos, após a inoculação com fungos, para as amostras que apresentaram crescimento micelial, são mostrados nas Tabelas 9 (base úmida) e 10 (base seca).

Tabela 9 – Resultados das análises bromatológicas, em base úmida, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*.

Análises realizadas (%)	Amostras					
	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa PO	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa PS	Farelo da Polpa + Cacho PO	Farelo da Polpa + Cacho PS	Farelo da Polpa + Epicarpo PO	Farelo da Polpa + Epicarpo PS
Cinzas	8,78 ± 0,76	7,96 ± 0,10	7,84 ± 0,08	7,99 ± 0,03	6,72 ± 0,16	7,14 ± 0,15
Proteína Bruta	24,25 ± 0,16	21,21 ± 0,26	6,16 ± 0,46	7,34 ± 0,21	5,36 ± 0,16	6,43 ± 0,28
FDN	38,05 ± 0,83	43,73 ± 0,31	49,92 ± 0,03	52,13 ± 1,26	57,35 ± 0,91	53,12 ± 1,46
FDA	25,45 ± 0,30	27,08 ± 0,34	35,65 ± 0,58	36,84 ± 0,03	40,64 ± 0,22	34,00 ± 0,35
Lignina	6,28 ± 0,04	7,83 ± 0,47	8,49 ± 0,10	9,65 ± 0,36	8,08 ± 0,64	8,85 ± 0,46
Celulose	17,49 ± 0,59	19,32 ± 0,36	24,94 ± 0,53	29,28 ± 1,09	27,61 ± 0,76	25,62 ± 0,40
Fibra Bruta (FB)	12,84 ± 0,71	14,77 ± 0,31	26,72 ± 1,00	24,24 ± 0,44	33,09 ± 0,84	22,19 ± 0,22
Extrato Etéreo	6,01 ± 0,20	6,11 ± 0,07	1,49 ± 0,02	1,65 ± 0,01	0,99 ± 0,11	1,67 ± 0,09

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido

Como mencionado anteriormente para a caracterização inicial das amostras de farelo, a discussão será realizada baseando-se nos resultados em base seca, Tabela 10.

Comparando os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* nas diferentes amostras, pode perceber-se que para as análises de cinzas todos os valores do PO foram mais altos e, todos os valores de lignina para este mesmo fungo são valores mais baixos, ou seja melhores no que diz respeito a nutrição animal. Já para proteína, apenas nas amostras de amêndoa+polpa o fungo PO apresentou o melhor valor. Para polpa+cacho e polpa+epicarpo o melhor resultado de proteína foi com o *Pleurotus sajor-caju*. No geral, para a mistura de farelos de polpa+amêndoa o melhor fungo foi o *Pleurotus ostreatus*, já as misturas de farelo da polpa+cacho e farelo da polpa+epicarpo apresentaram um potencial relativamente maior com o fungo *Pleurotus sajor-caju*. Porém, nenhum deles se sobressaiu em todos os quesitos. Eles alternam melhores valores entre uma e outra amostra.

Tabela 10 – Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, todos na proporção 1:1, miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*.

Análises realizadas (%)	Amostras					
	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa PO	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa PS	Farelo da Polpa + Cacho PO	Farelo da Polpa + Cacho PS	Farelo da Polpa + Epicarpo PO	Farelo da Polpa + Epicarpo PS
Matéria Seca	88,78 ± 0,06	94,79 ± 0,21	89,35 ± 0,16	95,58 ± 0,04	89,18 ± 0,12	96,42 ± 0,08
Cinzas	9,89 ± 0,86	8,39 ± 0,10	8,77 ± 0,09	8,36 ± 0,03	7,54 ± 0,17	7,41 ± 0,15
Proteína Bruta	27,31 ± 0,18	22,38 ± 0,27	6,90 ± 0,52	7,68 ± 0,22	6,01 ± 0,17	6,67 ± 0,29
FDN	42,86 ± 0,94	46,14 ± 0,33	55,87 ± 0,03	54,54 ± 1,32	64,31 ± 1,02	55,09 ± 1,52
FDA	28,54 ± 0,43	28,57 ± 0,35	39,90 ± 0,65	38,54 ± 0,03	45,58 ± 0,32	35,26 ± 0,37
Lignina	7,07 ± 0,04	8,26 ± 0,50	9,50 ± 0,11	10,09 ± 0,38	9,06 ± 0,71	9,17 ± 0,48
Celulose	19,69 ± 0,66	20,39 ± 0,38	27,92 ± 0,59	30,63 ± 1,13	30,96 ± 0,84	26,57 ± 0,42
Hemicel Teórica*	71,40	74,71	95,77	93,08	109,89	90,35
MO Teórica**	90,11	91,61	91,23	91,64	92,46	92,59
Fibra Bruta (FB)	14,46 ± 0,80	15,59 ± 0,33	29,90 ± 1,12	25,36 ± 0,46	37,10 ± 0,94	23,01 ± 0,22
Extrato Etéreo	6,77 ± 0,22	6,45 ± 0,07	1,66 ± 0,02	1,72 ± 0,01	1,10 ± 0,12	1,73 ± 0,10
Digestibilidade	71,31 ± 1,29	70,10 ± 2,58	65,97 ± 2,35	61,25 ± 1,59	60,85 ± 1,79	63,81 ± 2,09

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; * Hemicelulose Teórica = % FDN + % FDA; ** Matéria Orgânica Teórica = 100 – Cinzas

Apenas a mistura de farelo da polpa com amêndoa, após enriquecimento com ambos os fungos, passou de volumoso (FB > 18% na matéria seca) para concentrado (FB < 18% na matéria seca) e classificado como proteico (PB > 20% na matéria seca), sendo esta característica de grande valor por atribuir ao alimento alto teor energético por unidade de volume. 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).

5.3.1 Comparação dos Resultados dos Tratamentos Com e Sem fungos

As Tabelas 11, 12 e 13, bem como as Figuras 22, 23 e 24 mostram um comparativo dos resultados obtidos de cada parâmetro avaliado para as amostras de farelo da polpa misturada com farelo da amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, em

sua caracterização inicial, ou seja, sem inoculação com fungos (Tabela 6) e, após inoculação com cada tipo de fungo, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* (Tabela 10), aplicando o teste de comparação múltipla de médias de Tukey.

Tabela 11 – Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.

Análises realizadas (%)	Amostras		
	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa com fungo	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa com fungo
	Sem fungos – Tabela 6	PO – Tabela 10	PS – Tabela 10
Matéria Seca	91,43 ^b ± 0,02	88,78 ^c ± 0,06	94,79 ^a ± 0,21
Cinzas	5,40 ^c ± 0,17	9,89 ^a ± 0,86	8,39 ^b ± 0,10
Proteína Bruta	16,63 ^c ± 0,26	27,31 ^a ± 0,18	22,38 ^b ± 0,27
FDN	49,04 ^a ± 0,92	42,86 ^b ± 0,94	46,14 ^a ± 0,33
FDA	26,29 ^b ± 0,90	28,54 ^a ± 0,43	28,57 ^a ± 0,35
Lignina	9,19 ^a ± 0,15	7,07 ^b ± 0,04	8,26 ^a ± 0,50
Celulose	17,09 ^b ± 0,20	19,69 ^a ± 0,66	20,39 ^a ± 0,38
Hemicel Teórica*	75,33	71,40	74,71
MO Teórica**	94,60	90,11	91,61
Fibra Bruta (FB)	21,45 ^a ± 1,34	14,46 ^b ± 0,80	15,59 ^b ± 0,33
Extrato Etéreo	10,93 ^a ± 0,05	6,77 ^b ± 0,22	6,45 ^b ± 0,07
Digestibilidade	63,64 ^b ± 1,21	71,31 ^a ± 1,29	70,10 ^{ab} ± 2,58

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; * Hemicelulose Teórica = % FDN + % FDA; ** Matéria Orgânica Teórica = 100 – Cinzas. Na linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Analisando os dados referentes à mesma amostra (mistura de farelos da polpa com amêndoa) para a análise de cinzas, os tratamentos com fungo *P. ostreatus* e *P. sajor-caju* apresentaram desempenhos semelhantes entre si e superior ao tratamento sem fungo. O mesmo ocorreu para FDA, celulose e digestibilidade.

Vale a pena enfatizar que a mistura de farelos da polpa e amêndoa teve um incremento surpreendente no valor de proteína bruta após bioconversão provocada pelo fungo. De 16,63% (antes do tratamento com fungos) passou para 27,31% com o *P. ostreatus* e 22,38% com o *P. sajor-caju*. 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).

Pela análise do teste de Tukey aplicado, fica visível concluir que a mistura do farelo de amêndoa mais farelo da polpa com o fungo PO, para todas as análises em relação à caracterização inicial (sem fungos), apresentou diferença estatística. Já a mesma mistura com o fungo PS, apenas não difere estatisticamente, em relação à caracterização inicial, nos parâmetros: FDN, lignina e digestibilidade, porém, seguem um comportamento desejado, ou seja, a amostra miceliada apresentou valores reduzidos de FDN e lignina e ligeiramente superior para a digestibilidade, apontando tendência ao enriquecimento.

Já comparando as duas amostras miceliadas com diferentes tipos de fungos constata-se que não houve diferença relevante entre ambos os fungos para os parâmetros: FDA, celulose, fibra bruta, extrato etéreo e digestibilidade. Nenhum dos fungos se sobressaiu em todos os quesitos. Eles alternaram melhores valores entre uma e outra análise.

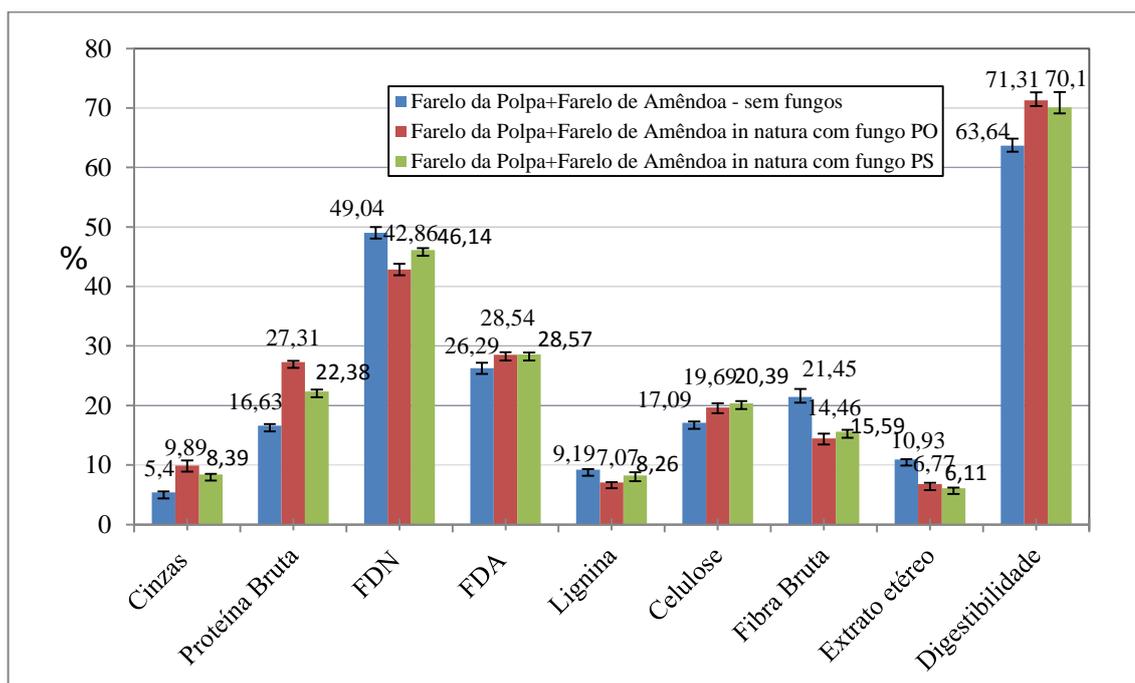


Figura 22 - Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (*Pleurotus ostreatus*) e PS (*Pleurotus sajor-caju*).

Tabela 12 – Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com cacho da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.

Análises realizadas (%)	Amostras		
	Farelo da Polpa + Cacho Sem fungos – Tabela 6	Farelo da Polpa + Cacho com fungo PO – Tabela 10	Farelo da Polpa + Cacho com fungo PS – Tabela 10
Matéria Seca	90,86 ^b ± 0,06	89,35 ^c ± 0,16	95,58 ^a ± 0,04
Cinzas	6,32 ^c ± 0,07	8,77 ^a ± 0,09	8,36 ^b ± 0,03
Proteína Bruta	5,47 ^b ± 0,17	6,90 ^a ± 0,52	7,68 ^a ± 0,22
FDN	58,49 ^a ± 1,05	55,87 ^{ab} ± 0,03	54,54 ^b ± 1,32
FDA	36,38 ^b ± 0,81	39,90 ^a ± 0,65	38,54 ^a ± 0,03
Lignina	10,06 ^a ± 0,35	9,50 ^a ± 0,11	10,09 ^a ± 0,38
Celulose	25,85 ^c ± 0,63	27,92 ^b ± 0,59	30,63 ^a ± 1,13
Hemicel Teórica*	94,87	95,77	93,08
MO Teórica**	93,68	91,23	91,64
Fibra Bruta (FB)	32,95 ^a ± 3,84	29,90 ^{ab} ± 1,12	25,36 ^b ± 0,46
Extrato Etéreo	1,86 ^a ± 0,06	1,66 ^b ± 0,02	1,72 ^b ± 0,01
Digestibilidade	51,73 ^b ± 0,50	65,97 ^a ± 2,35	61,25 ^a ± 1,59

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; * Hemicelulose Teórica = % FDN + % FDA; ** Matéria Orgânica Teórica = 100 – Cinzas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Assim como para a mistura de farelos da polpa com amêndoa, analisando agora o farelo da polpa misturado com cacho para a análise de cinzas, proteína bruta, FDA, celulose e digestibilidade, os tratamentos com fungo *P. ostreatus* e *P. sajor-caju* apresentaram desempenhos semelhantes entre si e superior ao tratamento sem fungo.

Ainda, conforme desejado, percebe-se a redução de valores para ambos os fungos, em relação ao tratamento sem fungos, dos parâmetros FDN, fibra bruta e extrato etéreo. Apenas a lignina se manteve praticamente similar em todos os tratamentos.

Em relação aos dois fungos testados observa-se que não houve diferença estatística entre eles na grande maioria dos parâmetros. Com exceção da matéria seca, cinzas e celulose, todas as outras análises não diferem estatisticamente entre si. Assim como para a mistura de farelo da polpa com amêndoa, nesse caso da mistura polpa/cacho, também não se pode afirmar que um dos fungos se sobressaiu em relação ao outro.

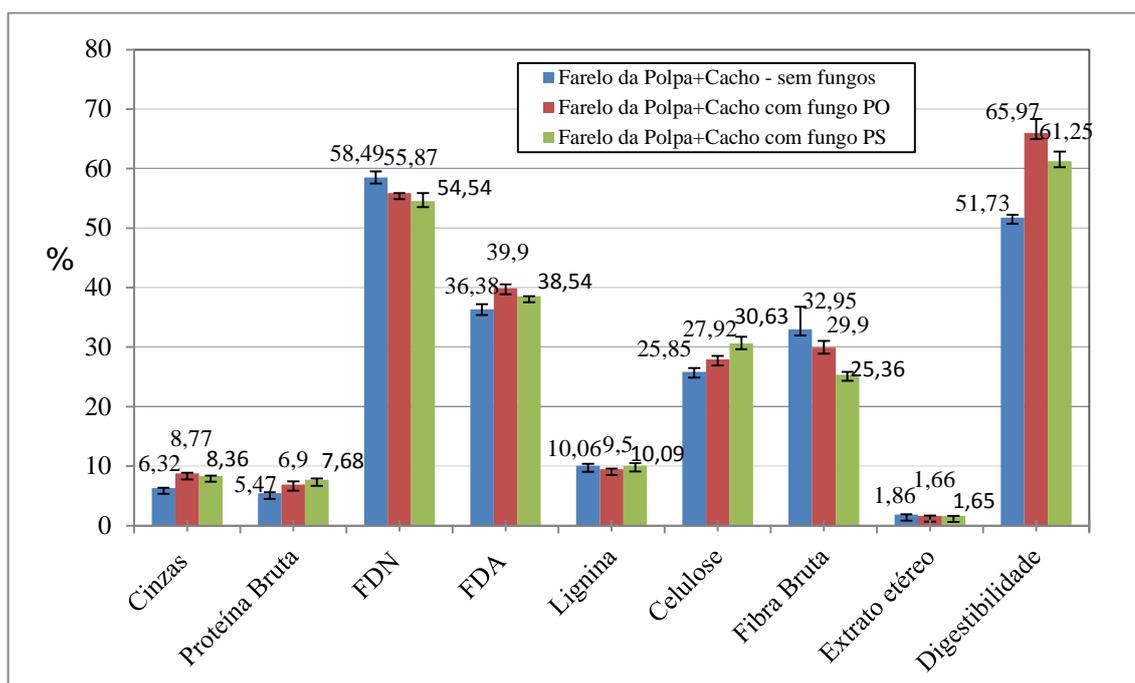


Figura 23 - Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelo da polpa e cacho da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (*Pleurotus ostreatus*) e PS (*Pleurotus sajor-caju*).

Tabela 13 – Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com epicarpo da macaúba, na proporção 1:1, não miceliados (Tabela 6) e miceliados com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* (Tabela 10) aplicando teste de Tukey.

Análises realizadas (%)	Amostras		
	Farelo da Polpa + Epicarpo Sem fungos – Tabela 6	Farelo da Polpa + Epicarpo com fungo PO – Tabela 10	Farelo da Polpa + Epicarpo com fungo PS – Tabela 10
Matéria Seca	90,16 ^b ± 0,24	89,18 ^c ± 0,12	96,42 ^a ± 0,08
Cinzas	5,78 ^b ± 0,20	7,54 ^a ± 0,17	7,41 ^a ± 0,15
Proteína Bruta	4,73 ^c ± 0,15	6,01 ^b ± 0,17	6,67 ^a ± 0,29
FDN	51,89 ^c ± 0,79	64,31 ^a ± 1,02	55,09 ^b ± 1,52
FDA	30,70 ^c ± 0,65	45,58 ^a ± 0,32	35,26 ^b ± 0,37
Lignina	5,09 ^b ± 0,26	9,06 ^a ± 0,71	9,17 ^a ± 0,48
Celulose	26,01 ^b ± 0,85	30,96 ^a ± 0,84	26,57 ^b ± 0,42
Hemicel Teórica*	82,59	109,89	90,35
MO Teórica**	94,22	92,46	92,59
Fibra Bruta (FB)	26,22 ^b ± 0,44	37,10 ^a ± 0,94	23,01 ^c ± 0,22
Extrato Etéreo	3,23 ^a ± 0,08	1,10 ^c ± 0,12	1,73 ^b ± 0,10
Digestibilidade	59,73 ^a ± 1,85	60,85 ^a ± 1,79	63,81 ^a ± 2,09

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; PS: *Pleurotus sajor-caju*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; * Hemicelulose Teórica = % FDN + % FDA; ** Matéria Orgânica Teórica = 100 – Cinzas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o caso da mistura de farelo da polpa com o epicarpo da macaúba, quanto as evidências verificadas na Tabela 13, o fungo *Pleurotus ostreatus* só não difere estatisticamente da mesma amostra sem fungos (caracterização inicial) em relação à digestibilidade *in vitro*, embora apresente tendência positiva de aumento do resultado. Já para o fungo *Pleurotus sajor-caju*, além da digestibilidade, o resultado de celulose não apresentou diferença estatística.

Quando a comparação é realizada na mesma amostra (polpa/epicarpo) entre os dois tipos de fungos, mais uma vez verifica-se que eles alternaram melhores valores entre uma e outra análise. Para os parâmetros: cinzas, lignina e digestibilidade não houve diferença significativa entre ambos os fungos.

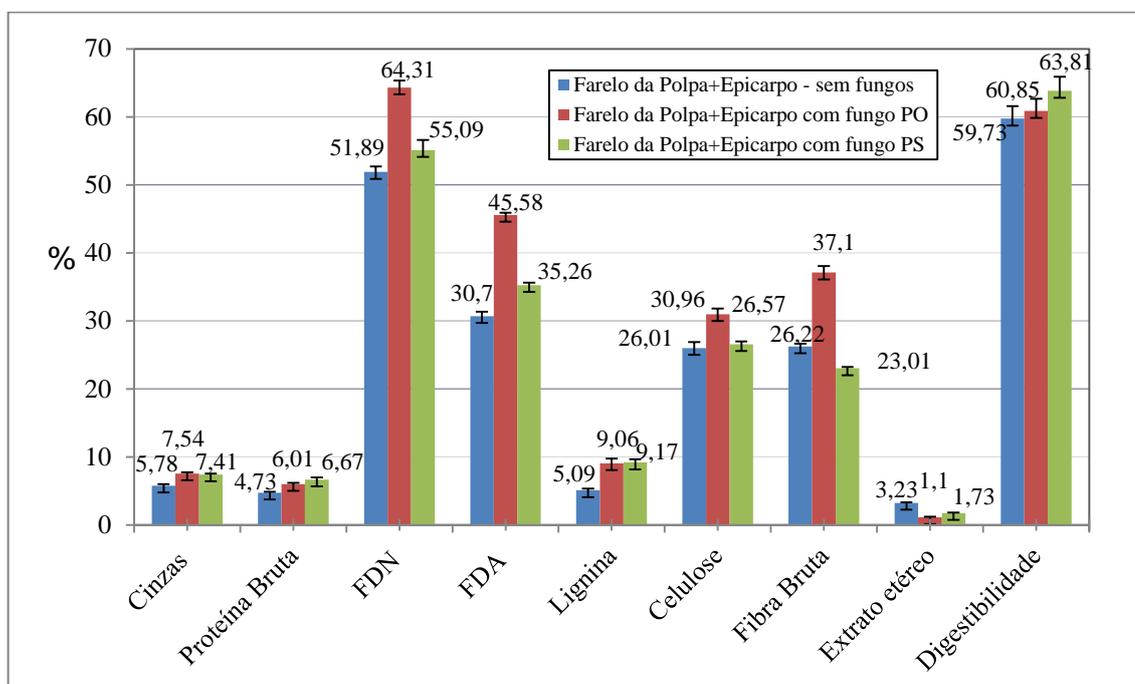


Figura 24 - Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelo da polpa e epicarpo da macaúba: sem fungos e após inoculação com fungos: PO (*Pleurotus ostreatus*) e PS (*Pleurotus sajor-caju*).

Comparando-se os três testes (Figuras 22, 23 e 24), o primeiro aspecto que chama atenção positivamente é o aumento significativo da cinza, proteína e digestibilidade – para todas as amostras - em relação à caracterização inicial, ou seja, sem fungo. O valor de cinzas foi superior para ambos os tratamentos com fungos, sendo discretamente maior para o fungo *Pleurotus ostreatus*. Este 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).

Ao contrário das cinzas, a proteína obteve melhores resultados com o *Pleurotus sajor-caju*. Esta mesma relação não se deu para a digestibilidade, pois duas amostras tiveram melhores resultados com o fungo PO e somente farelo de polpa mais epicarpo apresentou valor melhor com o fungo PS.

Segundo Rodrigues (2010) os níveis de FDN em silagem de milho variam bastante, porem é considerado um bom nível ao redor de 50%. Para Signoretta (2011), o conteúdo mínimo de fibra nas rações de vacas no início de lactação devem ser de 27% a 30% de FDN e de 18% a 20% de FDA. As amostras de farelo da polpa+amêndoa apresentaram resultados de FDN abaixo de 50% em todos os tratamentos. Já as misturas de polpa+cacho e polpa+epicarpo ficaram com valores em torno de 51% a 64%, isso devido à contribuição das fibras, tanto do cacho como do epicarpo, na elevação desses valores. Já os resultados de FDA foram entre 26% a 45% entre todas as amostras.

O teor de lignina e celulose nas amostras não apresentou variação considerável após tratamento com o fungo. A lignina da mistura de farelos polpa+amêndoa teve uma leve queda, enquanto que a mistura polpa+cacho se manteve praticamente inalterada e para a amostra de polpa+epicarpo um aumento considerável (de 5% para 9%). Já a celulose, após miceliação, teve incremento nos valores para todas as amostras.

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 todas as amostras analisadas, com exceção da mistura de farelos da polpa e amêndoa sem tratamento com fungos (que apresentou aproximadamente 11% de teor de óleo), antes e após o processo de bioconversão, estão dentro dos parâmetros recomendados, ou seja, em torno de 6 - 7% de EE na MS (PAULA et al., 2012).

Estudos *in vitro* em resíduos de algodão demonstraram que, submetendo-se o mesmo a mais de sessenta dias de crescimento com *Pleurotus* spp., pode obter-se um incremento de 20 a 41% na digestibilidade do substrato (HADAR et al., 1993 apud SÁNCHEZ; ROYSE, 2001). Neste estudo, em particular, o aumento da digestibilidade em trinta dias de incubação girou entre 4% (polpa+epicarpo) a 14%

(polpa+cacho), sendo o valor intermediário ($\approx 8\%$) para a mistura de farelos da polpa+amêndoa. 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).

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).

5.4 CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

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; DEMENJOUR e PAZ, 2013).

Os materiais utilizados como substratos para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* foram os farelos de amêndoa puro e amêndoa misturado com polpa na proporção 1:1, ambos com umidade de 60%. As etapas de preparo do substrato, inoculação da semente no substrato e incubação, seguiram o descrito no item 5.2 acima. A Tabela 14 apresenta as condições em que os substratos foram submetidos para o processo de crescimento e frutificação do fungo.

Tabela 14 - Condições de produção do *Pleurotus ostreatus* em diferentes substratos.

Substratos	pH	Crescimento do Micélio				Frutificação e colheita		
		Temp	Umida -de	Período de incubação	Luz	Temp	Luz	Período Colheita
Farelo de amêndoa+polpa	5,22	25°C	60%	68 dias	sem	22,6°C	com	80 dias
Farelo de amêndoa	5,10	25°C	60%	68 dias	sem	22,6°C	com	*

*: não frutificou

5.4.1 Crescimento Micelial do Farelo de Amêndoa Puro

Na Figura 25 são apresentados os crescimentos gradativos do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo de amêndoa puro, o qual permaneceu por 68 dias em colonização micelial dentro da BOD sendo representado o segundo, o quinto, o décimo segundo, o décimo quinto, o vigésimo terceiro e trigésimo dia após a incubação.

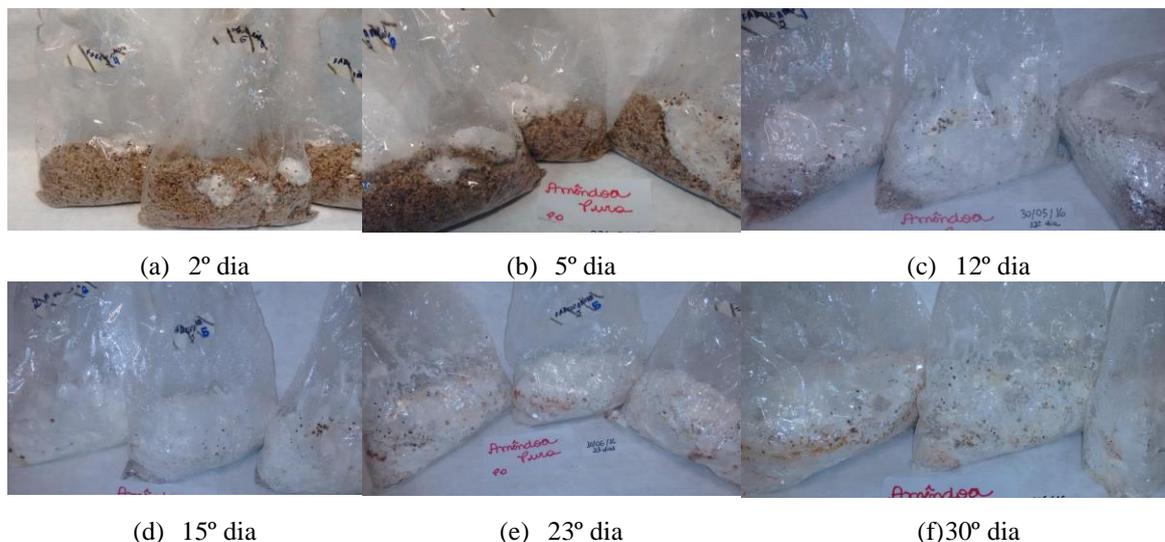


Figura 25 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba: (a) segundo, (b) quinto, (c) décimo segundo, (d) décimo quinto, (e) vigésimo terceiro e (f) trigésimo dia de incubação, respectivamente.

Depois de passados 30 dias, o micélio já estava totalmente colonizado. Deste dia em diante buscou-se indícios de ocorrência da frutificação, porém o aspecto das amostras não apresentava variações (Figura 26). Passados 68 dias, as amostras foram removidas da BOD e colocadas dentro de bandeja com água no fundo, em local com ventilação e luz natural.

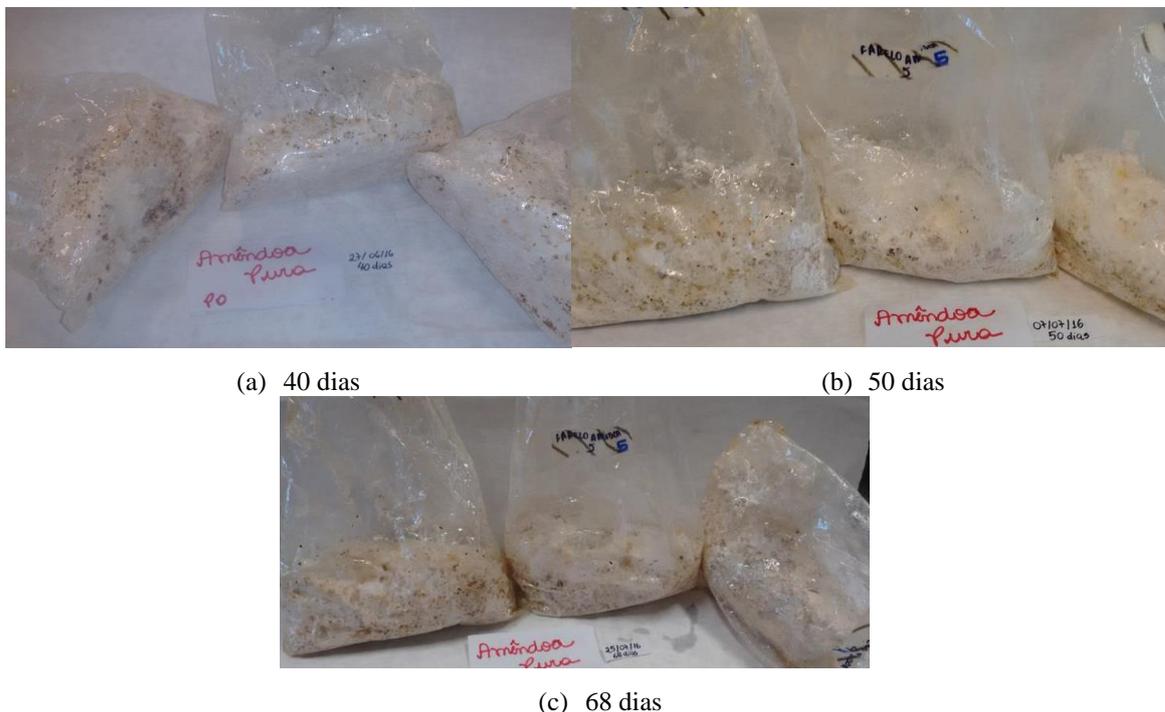


Figura 26 – Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba: (a) quarenta, (b) cinquenta e (c) sessenta e oito dias de incubação, respectivamente.

Nessa condição, as amostras foram mantidas por 12 dias, totalizando 80 dias desde o início da incubação. Como as mesmas não apresentaram nenhum resquício de frutificação e o aspecto já era amarelado e ressecado, o teste foi interrompido e as amostras descartadas.

5.4.2 Crescimento Micelial da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa

O crescimento gradativo do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo da polpa com farelo de amêndoa (1:1) é apresentado nas fotos da Figura 27. Foram 68 dias de colonização micelial dentro da BOD, sendo representado o segundo, o quinto, o décimo segundo, o décimo quinto, o vigésimo terceiro e trigésimo dia após a incubação.

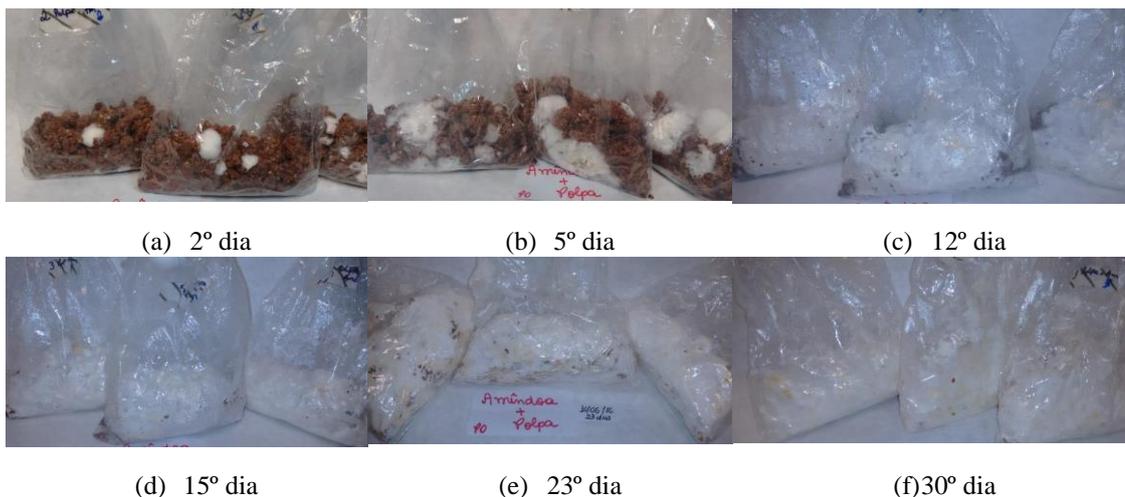


Figura 27 - Crescimento gradativo do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras da mistura dos farelos da amêndoa e polpa da macaúba: (a) segundo, (b) quinto, (c) décimo segundo, (d) décimo quinto, (e) vigésimo terceiro e (f) trigésimo dia de incubação, respectivamente.

Da mesma forma que todas as outras amostras, após 30 dias de incubação o micélio já havia envolvido todo o substrato – de tal forma que não se distinguia nem o aspecto, nem a coloração do substrato, apenas uma massa compacta de superfície homogênea branco-algodonosa (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001) - porém as condições do teste foram mantidas aguardando a ocorrência da frutificação (Figura 28).

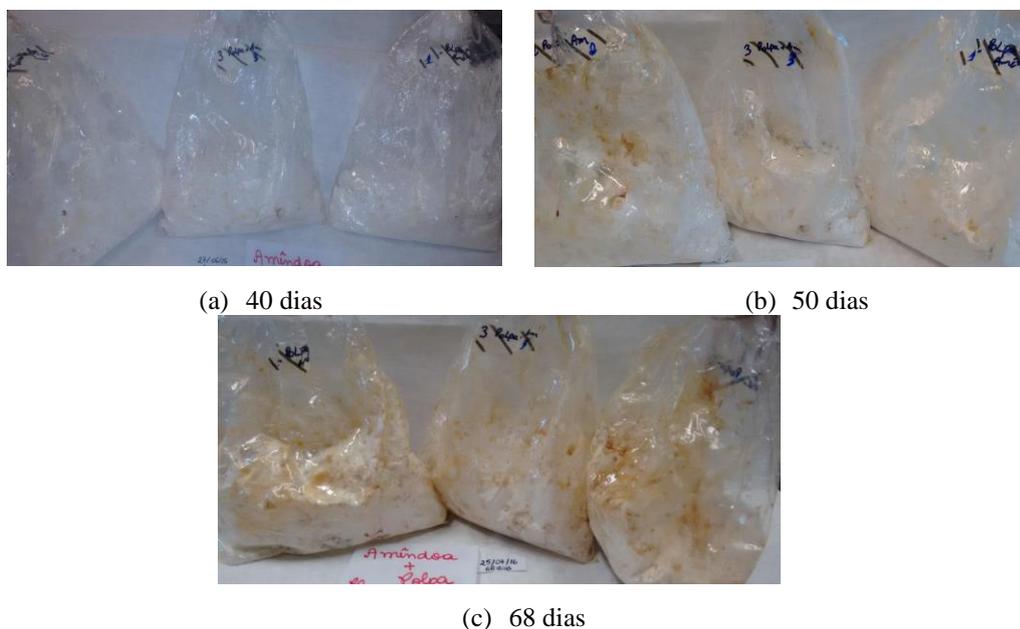


Figura 28 – Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras da mistura dos farelos da amêndoa e polpa da macaúba: (a) quarenta, (b) cinquenta e (c) sessenta e oito dias de incubação, respectivamente.

Com o passar dos dias as amostras apresentavam aspecto mais amarelado sendo, após 68 dias desde o início da incubação, retiradas da BOD e, juntamente com as amostras do farelo da polpa puro, colocadas dentro de bandeja com água no fundo, em local com ventilação e luz natural para induzir o micélio a formar corpos frutíferos.

Após sete dias nessas condições, ou seja, passados 75 dias do início de todo o processo, percebeu-se os indícios de frutificação, sendo neste dia, os sacos removidos e as amostras mantidas no mesmo recipiente, suportadas por grades metálicas, para que ocorresse a estimulação da formação dos primórdios pelo contato com ar fresco, luz (suficiente para ler um papel impresso comum) e umidade (URBEN, 2004) (Figura 29).

É possível verificar, através das fotos de 68 dias (Figura 28) e 75 dias (Figura 29), que nesse período de uma semana o micélio expandiu consideravelmente abrangendo intensamente as paredes internas dos sacos.

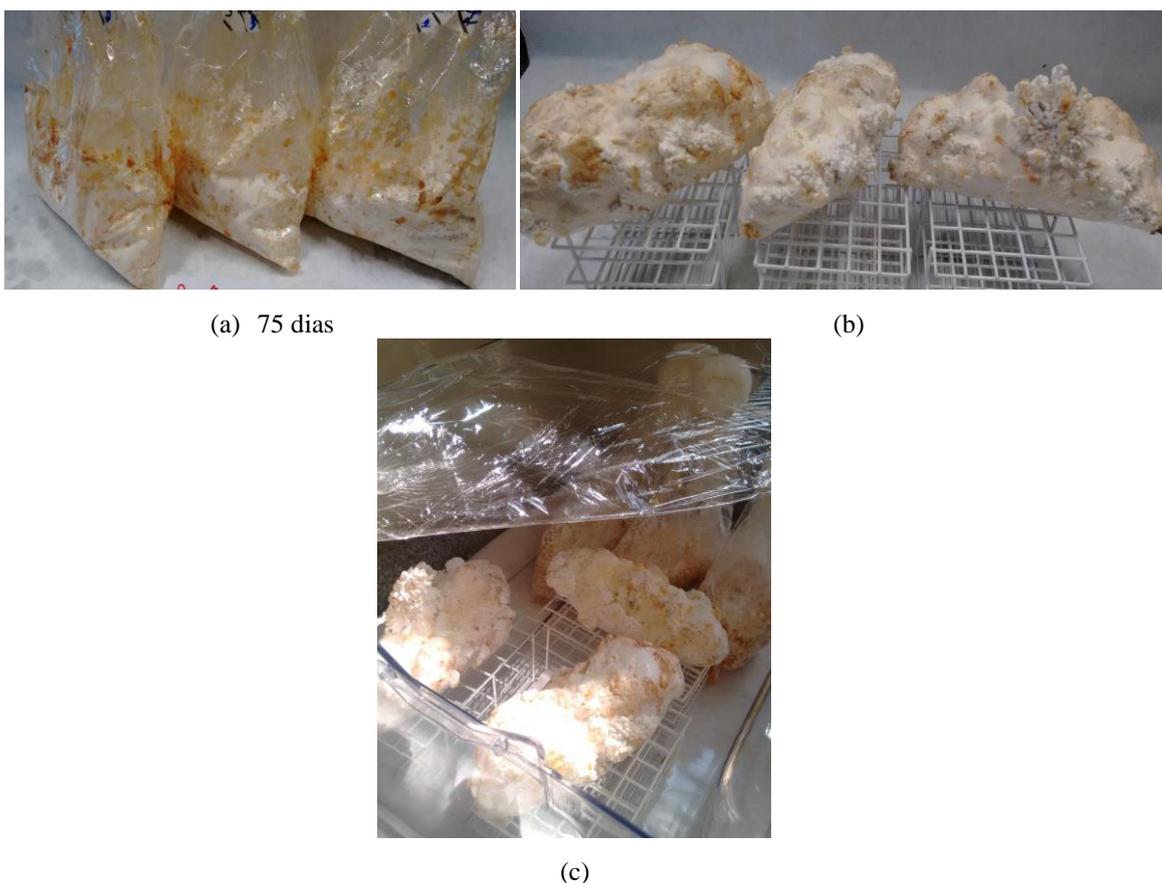


Figura 29 – Acompanhamento de indícios da frutificação do fungo *Pleurotus ostreatus* nas amostras do farelo da amêndoa da macaúba, setenta e cinco dias após início da miceliação: (a) com os primeiros primórdios de frutificação, (b) amostras removidas dos sacos plásticos e (c) local em que as amostras permaneceram para crescimento do corpo de frutificação, respectivamente.

5.4.3 Produção de Cogumelos a partir da Mistura de Farelos da Polpa e Amêndoa

Em condições normais, dois ou três dias após as amostras serem colocadas sob as condições ambientais necessárias para induzir a frutificação, começam a aparecer os primórdios (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001). A Figura 30 mostra que, neste experimento, no primeiro dia já houve um desenvolvimento de “botões” de coloração branca.



(a)



(b)



(c)

Figura 30 – Crescimento do corpo de frutificação: (a) primeiro dia, (b) segundo dia e (c) terceiro dia.

Posteriormente, a cor muda para um tom acinzentado e o cogumelo vai tomando forma, sendo no terceiro dia já possível verificar o chapéu formado nas extremidades. De quatro a seis dias depois do início do desenvolvimento eles podem cobrir toda a superfície do substrato e estarem maduros comercialmente, prontos para a colheita (SÁNCHEZ; ROYSE, 2001). A Figura 31 detalha o quarto dia do crescimento.



(a)



(b)

Figura 31 – Crescimento do corpo de frutificação: (a) e (b) quarto dia

A mudança de coloração ocorre de forma gradativa e de acordo com a idade do cogumelo sendo a fase adulta marcada por coloração marrom com base avermelhada (URBEN 2004). O quinto dia do experimento pode ser visto na Figura 32.



(a)



(b)

Figura 32 – Crescimento do corpo de frutificação: (a) e (b) quinto dia.

5.4.3.1 Colheita

Do quarto para o quinto dia, percebeu-se que os cogumelos estavam menos viçosos, e o tamanho já era o maior possível. A colheita se deu cortando o cogumelo da base do talo, em sua união com o substrato, através de um giro suave com a própria mão. A Figura 33 apresenta a colheita individual da triplicata realizada. Os mesmos foram pesados e secos em estufa, juntamente com os substratos enriquecidos, a 40°C por 24 h. Após, foram moídos em liquidificador industrial mantendo-se uma amostra da triplicata separada para análise individual do cogumelo e substrato enriquecido. As outras duas amostras foram misturadas, substrato mais cogumelos, também para análise bromatológica.



(a)



(b)



(c)

Figura 33 – Cogumelos colhidos: (a), (b) e (c) quantidade individual de cada amostra da triplicata.

A eficiência biológica (EB) obtida foi de 34,42%. Em seu trabalho com mistura de bagaços de cana-de-açúcar e macaúba, Cardoso, Demenjour e Paz (2013) reporta o valor da EB de 30,81% para um composto de 70% do bagaço de cana-de-açúcar e 30% do bagaço de bocaiuva e 37,51% para um composto de 50% do bagaço de cana e 50% de bagaço de bocaiuva. Outros resultados podem ser visualizados na Tabela 15.

Tabela 15 – Comparação da Eficiência Biológica (EB) de cogumelos *Pleurotus* produzidos na mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba com os resultados de outros trabalhos.

Substrato	Espécie	EB média (%)
Farelo da polpa + Farelo de amêndoa macaúba (1:1)	PO	34,42
Bocaiuva (30%) + Cana-de-açúcar (70%) ⁽¹⁾	PO	30,81
Bocaiuva (50%) + Cana-de-açúcar (50%) ⁽¹⁾	PO	37,51
Cana-de-açúcar moída na hora ⁽²⁾	PO	35,17
capim-elefante pasteurizado ⁽³⁾	PO	112,46
capim-elefante pasteurizado ⁽³⁾	PS	89,28

Fonte: (1) Cardoso, Demenjour e Paz (2013); (2) Urben (2004); (3) Bernardi et al. (2009).
 PO = *Pleurotus ostreatus*; PS = *Pleurotus sajor-caju*

Rios, Hoyos e Mosquera (2010) em seu trabalho utilizando substratos a base de bagaços de cana-de-açúcar e farelo de trigo, apresentam valores de EB, em todos os seus tratamentos, superiores a 40% e menciona que este percentual é o valor mínimo tido como referência para os cultivos comerciais de *Pleurotus ostreatus* para se justificar o cultivo de fungos como economicamente rentável.

5.4.3.2 Caracterização das Amostras do Cultivo de Cogumelos

As análises realizadas no cogumelo produzido, no substrato do qual foi removido o cogumelo – que consiste da mistura dos farelos da polpa + amêndoa da macaúba na proporção 1:1 - e na mistura de ambos - substrato mais cogumelo - são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados das análises bromatológicas e digestibilidade realizadas nas amostras de cogumelo puro, substrato puro e mistura de substrato mais cogumelo - em base úmida e seca.

Análises realizadas (%)	Amostras					
	Cogumelo Puro Base úmida	Cogumelo Puro Base seca	Substrato puro Base úmida	Substrato puro Base seca	Substrato + cogumelo Base úmida	Substrato + cogumelo Base seca
Matéria Seca	90,71 ± 0,01	90,71 ± 0,01	93,29 ± 0,17	93,29 ± 0,17	93,26 ± 0,19	93,26 ± 0,19
Cinzas	6,71 ± 0,20	7,40 ± 0,22	9,69 ± 0,07	10,39 ± 0,08	6,95 ± 0,15	7,45 ± 0,16
Proteína Bruta	30,03 ± 0,10	33,11 ± 0,11	23,42 ± 0,37	25,10 ± 0,39	22,36 ± 0,66	23,97 ± 0,71
FDN	36,49 ± 0,41	40,23 ± 0,45	38,42 ± 0,11	41,18 ± 0,11	41,86 ± 0,85	44,89 ± 0,91
FDA	18,63 ± 0,62	20,53 ± 0,68	27,69 ± 0,22	29,68 ± 0,23	27,51 ± 1,05	29,50 ± 1,12
Lignina	4,56 ± 0,47	5,03 ± 0,52	9,25 ± 0,35	9,92 ± 0,38	7,69 ± 0,49	8,24 ± 0,53
Celulose	16,19 ± 1,12	17,85 ± 1,23	18,52 ± 0,25	19,85 ± 0,27	20,46 ± 0,59	21,94 ± 0,64
Fibra Bruta	10,66 ± 0,60	11,75 ± 0,66	18,88 ± 0,00	20,24 ± 0,00	21,68 ± 0,83	23,25 ± 0,89
Extrato Etéreo	–	ñ realizada	2,39 ± 0,35	2,56 ± 0,37	4,06 ± 0,20	4,35 ± 0,21
Digestibilidade	–	84,16 ± 0,44	–	ñ realizada	–	75,87 ± 0,24

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

O uso de *P. ostreatus* na alimentação humana tem a vantagem de ser um complemento alimentar, já que contém em torno de 60% de carboidratos, 26% de proteína, 12% 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). Fica em destaque o alto valor de proteína bruta do cogumelo produzido neste experimento, 33,11% e o resultado da fibra bruta (11,75%), condizente com o autor acima (12%). Valor similar de FB foi encontrado para o mesmo cogumelo cultivado em palha de bananeira 9,45% (BONATTI et al., 2003).

Bernardi et al. (2009) encontrou valores para a linhagem de *Pleurotus ostreatus* produzidos em substrato a base de capim-elefante: proteínas (22,59%), fibras (18,25%) e cinzas (32,58%). Fica evidente a discrepância nos valores de cinzas, que neste trabalho foi 7,40%, quase cinco vezes inferior ao mencionado.

Com o intuito de comparar a mistura de farelos da polpa e amêndoa (1:1) descritas no item 5.3 (Caracterização das amostras após tratamento com fungos) deixadas miceliando pelo período de 30 dias com as mesmas amostras descritas no item 5.4 (Cultivo de *Pleurotus ostreatus*), as quais permaneceram por 80 dias no

processo de miceliação, avaliando se o incremento de tempo faria diferença nos valores nutricionais, construiu-se a Tabela 17 e a Figura 34 abaixo.

Tabela 17 – Compilação dos resultados das análises bromatológicas e digestibilidade, em base seca, realizadas nas misturas do farelo da polpa com farelo de amêndoa da macaúba, na proporção 1:1, não miceliado (Tabela 6), miceliado com o fungos *Pleurotus ostreatus* pelo período de 30 dias (Tabela 10) e miceliado com o mesmo fungo *Pleurotus ostreatus* pelo período de 80 dias (Tabela 16) aplicando teste de Tukey.

Análises realizadas (%)	Amostras		
	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa Sem fungos – Tabela 6	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa com fungo PO – Tabela 10 – 30 dias	Farelo da Polpa + Farelo de Amêndoa com fungo PO – Tabela 16 – 80 dias
Matéria Seca	91,43 ^b ± 0,02	88,78 ^c ± 0,06	93,29 ^a ± 0,17
Cinzas	5,40 ^b ± 0,17	9,89 ^a ± 0,86	10,39 ^a ± 0,08
Proteína Bruta	16,63 ^c ± 0,26	27,31 ^a ± 0,18	25,10 ^b ± 0,39
FDN	49,04 ^a ± 0,92	42,86 ^b ± 0,94	41,18 ^b ± 0,11
FDA	26,29 ^b ± 0,90	28,54 ^a ± 0,43	29,68 ^a ± 0,23
Lignina	9,19 ^b ± 0,15	7,07 ^c ± 0,04	9,92 ^a ± 0,38
Celulose	17,09 ^b ± 0,20	19,69 ^a ± 0,66	19,85 ^a ± 0,27
Fibra Bruta (FB)	21,45 ^a ± 1,34	14,46 ^b ± 0,80	20,24 ^a ± 0,00
Extrato Etéreo	10,93 ^a ± 0,05	6,77 ^b ± 0,22	2,56 ^c ± 0,37

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; PO: *Pleurotus ostreatus*; FDN = Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

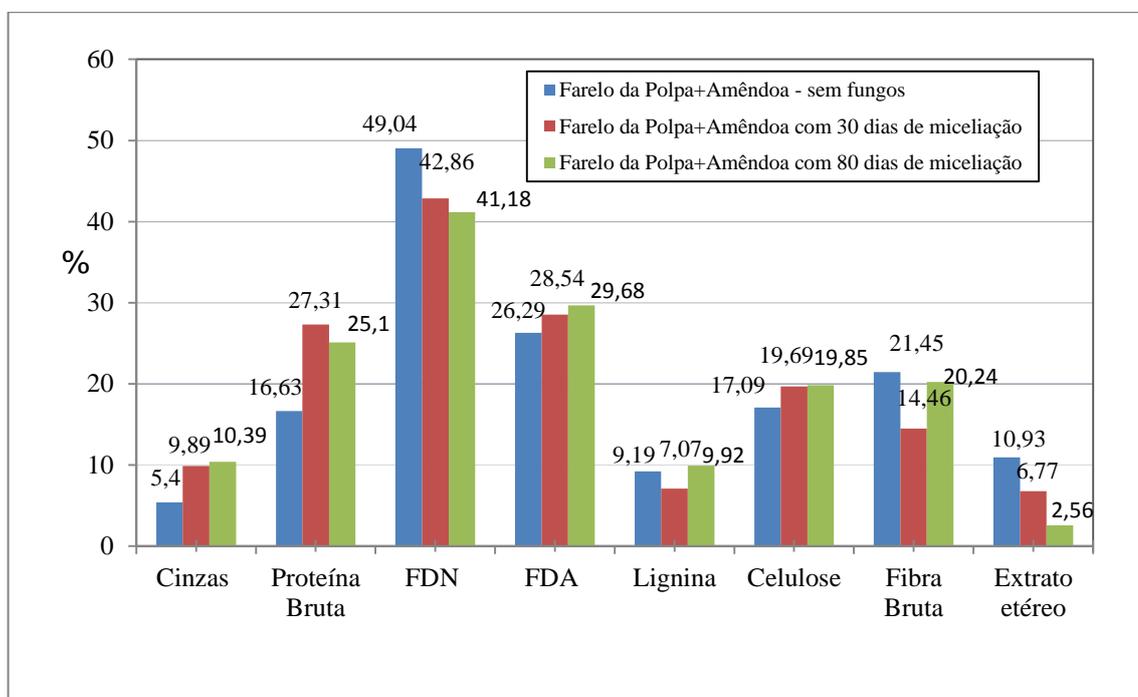


Figura 34 - Resultados dos parâmetros analisados para a mistura de farelos da polpa e amêndoa da macaúba: sem fungos, após inoculação com fungo *Pleurotus ostreatus* pelo período de 30 dias e 80 dias respectivamente.

Com exceção da fibra bruta da mistura sem fungos com a mesma amostra miceliada por 80 dias, todos os outros parâmetros apresentam diferenças entre o tratamento sem fungos e com fungo *Pleurotus ostreatus*.

Já comparando entre si as amostras miceliadas por 30 e por 80 dias, verifica-se que cinzas, FDN, FDA e celulose apresentam médias que não diferem entre si. Os outros parâmetros apontam para diferenças com tendências negativas para o maior tempo de incubação. A proteína teve uma pequena redução (27,31% com 30 dias para 25,10% com 80 dias) ficando mesmo assim, com valor muito expressivo em relação à mesma amostra sem fungo (16,63%). O teor de lignina e fibra bruta ficaram mais altos após 80 dias de miceliação, apresentando valores próximos das amostras sem tratamento com fungos. Já o extrato etéreo teve uma significativa redução – de aproximadamente 11% sem fungos, passou para 6,77% com 30 dias de miceliação e por fim, 2,56% passados 80 dias do cultivo com fungo *P. ostreatus*, mostrando-se, o mesmo, um excelente decompositor da gordura presente no substrato.

Diante disso, fica possível afirmar que o incremento de tempo em dias que ultrapassem o necessário para o fungo abranger todo o substrato (em média 30 dias), não é necessário para se obter bons resultados no enriquecimento das amostras. Esse tempo superior a um mês de colonização (nesse caso 50 dias a mais) não justifica em melhores resultados nutritivos, o mesmo só é viável se o objetivo for a produção de cogumelos.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

A polpa da macaúba, independente da proporção de óleo, não foi um bom substrato para que ocorresse a miceliação. A variação de umidade ou do tipo de fungo, não ocasionou nenhum resultado positivo, ou seja, o crescimento do micélio não ocorreu para ambas as amostras, polpa pura e farelo da polpa. O mesmo ocorreu para as amostras da polpa mais epicarpo oriundos de despoldadeira mecânica que, com mais ou menos gordura e umidade, tanto para o fungo *Pleurotus ostreatus* como para o *Pleurotus sajor-caju*, também não houve desenvolvimento do micélio.

As misturas de farelos da polpa e amêndoa, assim como as misturas de farelo da polpa com cacho e epicarpo, todos na proporção 1:1, foram as únicas que apresentaram resultados positivos na miceliação, com ambos os fungos, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, sendo esse o tipo de fungo com maior eficiência no crescimento diário, ou seja, o que evoluiu mais rapidamente envolvendo todo o substrato. Já a comparação entre ambos os fungos, quanto aos resultados das análises bromatológicas, pode se destacar que para os resultados de cinzas todos os valores do *Pleurotus ostreatus* foram mais altos e, todos os valores de lignina para este mesmo fungo foram valores mais baixos, ou seja, melhores no que diz respeito à nutrição animal. Já para proteína, apenas nas amostras de amêndoa+polpa o fungo *Pleurotus ostreatus* apresentou o melhor valor. Para polpa+cacho e polpa+epicarpo o melhor resultado de proteína foi com o *Pleurotus sajor-caju*. No geral, para a mistura de farelos de polpa+amêndoa o melhor fungo foi o *Pleurotus ostreatus*, já as misturas de farelo da polpa+cacho e farelo da polpa+epicarpo apresentaram um potencial relativamente maior com o fungo *Pleurotus sajor-caju*. Porém, nenhum deles se sobressaiu em todos os quesitos. Eles alternaram melhores valores entre uma e outra amostra.

Fazendo um comparativo dos resultados obtidos de cada parâmetro avaliado para as amostras de farelo da polpa misturada com farelo da amêndoa, cacho e epicarpo da macaúba, em sua caracterização inicial, ou seja, sem inoculação com fungos e, após inoculação com cada tipo de fungo, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus*

sajor-caju, pode-se afirmar que apenas a mistura de farelo da polpa com amêndoa passou de volumoso (FB > 18% na matéria seca) para concentrado (FB < 18% na matéria seca) e classificado como proteico (PB > 20% na matéria seca), sendo esta característica de grande valor por atribuir ao alimento alto teor energético por unidade de volume. Porém, para todas as amostras houve um aumento considerável de cinzas, proteína e digestibilidade em relação à caracterização inicial, ou seja, sem fungo.

O cultivo de *Pleurotus ostreatus* realizou-se utilizando como substratos os farelos de amêndoa puro e amêndoa misturado com polpa na proporção 1:1, ambos com umidade de 60%. Ambos ficaram incubados para o crescimento do micélio por 68 dias. A frutificação ocorreu após 80 dias decorridos da miceliação inicial, porém somente com a amostra da mistura de farelos da polpa e amêndoa. O farelo de amêndoa pura não frutificou.

A colheita dos corpos de frutificação crescidos na amostra de farelo da polpa+farelo de amêndoa se deu após cinco dias da amostra ser submetida a condições especiais: contato com ar fresco, luz e umidade. A eficiência biológica (EB) obtida foi de 34,42% e, o alto valor de proteína bruta do cogumelo produzido, 33,11% ficou em destaque.

O incremento de tempo em dias que ultrapassem o necessário para o fungo abranger todo o substrato (em média 30 dias), não é necessário para se obter bons resultados no enriquecimento das amostras; é viável somente quando a meta é produzir cogumelos para o consumo humano. A extensão de dias no processo de cultivo não acrescenta diferença significativa nos valores nutricionais.

Dessa forma, o aproveitamento dos resíduos do processamento da macaúba, do ponto de vista da tecnologia limpa, questões socioambientais e econômicas, mostrou-se viável. Os resultados obtidos neste estudo mostram o enriquecimento dos parâmetros nutritivos e digestivos desses resíduos, trazendo como principal benefício à possibilidade de sua utilização em ração animal e alimentos destinados a humanos, como é o caso da produção de cogumelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C. da; GODOI, A. R. de; ALMEIDA CARMO, C. de; EDUARDO, J. L. de P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 258-260, 2008.

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

ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado-Espécies vegetais úteis**. Brasília: Embrapa Cerrados, xiii+464 pp. 1998.

ANPC - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS. Disponível em <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos> Acesso em: 17/03/2017.

ARISTONE, F.; LEME, F. M. **Farinha da polpa de macaúba, guia completo e livro de receitas**. 2006. 20f. Manual didático, Parte integrante de Projeto de Extensão. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Mato Grosso do Sul. 2006.

ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; SARTI, L. M. N.; BARDUCCI, R. S.; FRANZÓI, M. C. D. S.; VIEIRA JUNIOR, L. C.; PERDIGÃO, A.; RIBEIRO, F. A.; FACTORI, M. A. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 4, p. 539-551, 2013.

BARBOSA, N. G. S. **Torta de amêndoa de dendê: consumo, digestibilidade, metabolismo ruminal e desempenho leiteiro em bubalinos**. 2010. 176f. Tese (doutorado Escola de Veterinária, nutrição animal, zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Escola de Veterinária. Belo Horizonte – MG, 2010.

BARRETO, S. M. P. **Avaliação dos níveis de inclusão da torta de macaúba [AcrocomiaAculeata (Jacq.) Lodd. Ex Mart.] na alimentação de caprinos**. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Montes Claros, MG, 2008.

BERNARDI, E.; DONINI, L.P.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J. S. do. Cultivo e características nutricionais de *Pleurotus* em substrato pasteurizado. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.4, p. 901-907, 2009.

BONATTI, M.; KARNOPP, P.; SOARES, H. M.; FURLAN, S. A. Estudo da composição de cogumelos das espécies *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* cultivados em palha de bananeira. **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 4, n.1, p. 31-35, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Política Agrícola**. Brasília: Mapa, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola>>. Acesso em 10 nov. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2011. 102 p.

BREYER, C. A.; PAZ, M. F.; GIOVANNI, R. N. Cultivo de *Pleurotus sajor-caju* em bagaço de maçã pela técnica Jun-Cao. In: XVI Simpósio Nacional de Bioprocessos, 2007, Curitiba. **Anais SINAFERM**. Curitiba: Alvo Eventos, 2007. v. CD. p. FES0094.

CARDOSO, J.C. P.; DEMENJOUR, P. L. M. M.; PAZ, M. F. Cultivo do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* em bagaço de bociuiva e de cana-de-açúcar pela técnica Jun-cao. **Evidência**, v. 13, n. 1, p. 31-40, 2013.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. Potencial da macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel. 2008. 16f. **EMBRAPA CERRADOS**. Planaltina, DF. Jun de 2008.

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.

CARVALHO, K.J.; SOUZA, A.L.; MACHADO, C.C. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia da Macaúba. **Convênio de Cooperação Técnica SECTES/FAPEMIG**, Pólo de Excelência em Florestas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 38 p. 2011.

CASTRO, A. L.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.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa Energia. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Relatório final. Belo Horizonte, 1983. 2v.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal 74 do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, Campo Grande, 2012.

COLOMBO, C. A.; CHORFI BERTON, L. H.; AZEVEDO FILHO, J. A.; CARVALHO, C. R. L.; HERNANDEZ, B. G. D.; SIQUEIRA, W. J. Macaúba: múltipla e sustentável. **O Agrônomo** – boletim técnico-informativo do Instituto Agrônomo, v. 68, 2016. <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/index.php/2016/06/21/macauba-multipla-e-sustentavel/#>

COSTA, D. A. da. **Degradabilidade ruminal e parâmetros da fermentação em dietas contendo silagem de cana-de-açúcar e caroço de algodão**. 2010. 53f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Escola de veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2010.

COSTA; R. V.; SILVA, J. A.; GALATI, R. L.; SILVA, C. G. M.; DUARTE JUNIOR, M. F. 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.

CHUBA, C. A. M. ; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; HOMEM, G. R.; TOMMASELLI, M. A. G. Modelo de viabilização da produção do consórcio: Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). In: 10º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – **Anais ENEGEP**, out de 2010, São Carlos, SP, 2010.

DESPERDÍCIO de alimento é terceiro maior emissor de CO₂ do mundo. **O Progresso**, Dourados, 18 set. 2013. Meio ambiente, p. 8.

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. 214f.

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.; Dlamini, B. E.; Masarirambi, M. T. 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.

EVARISTO, A. B.; MARTINO, D. C.; FERRAREZ, A. H.; DONATO, D. B.; CARNEIRO, A. C. O.; GROSSI, J. A. S. Potencial Energético dos Resíduos do Fruto da Macaúba e sua Utilização na Produção de Carvão Vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 26, n. 2, p. 571-577, abr.-jun., 2016.

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.

FAO. The State of Food Insecurity in the World. In: MEETING THE 2015 INTERNATIONAL HUNGER TARGETS: TAKING STOCK OF UNEVEN PROGRESS, Roma. 2015.

FIGUEIREDO, M.R.P.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, I.; REBOUÇAS, G.M.N.; SILVA, F. A. e.; SÁ, H.C.M. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com diferentes fontes de fibra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 2, 2013. [\[LINK\]](#)

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.

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M. O.; FERREIRA, E.; STACIWI, R. Resíduos Agroindustriais e Alimentação de Ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

GIRALDI, R. Desperdício de alimentos causa prejuízos anuais de US\$750 bi. **O Progresso**, Dourados, 12 set. 2013. Mundo, p. 6.

GIRMAY, Z.; GOREMS, W.; BIRHANU, G.; ZEWDIE, S. Growth and Yield Performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on Different Substrates. **AMB Express**. DOI 10.1186/s13568-016-0265-1. v. 6, n. 87, p. 1-7, 2016.

GOES, R. H. T. B.; CARNEIRO, M. M. Y.; BRABES, K. C. S.; LANA, R. P. Coprodutos de crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) na alimentação de ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v. 65 (R), p. 7-16, 2016.

GOES, R. H. de T. e B. de; TRAMONTINI, R. de C. M.; ALMEIDA, G. D. de; CARDIM, S. T.; RIBEIRO, J.; OLIVEIRA, L. A. de; MOROTTI, F.; BRABES, K. C. da S.; OLIVEIRA, E. R. de. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 715-725, 2008.

GOMES, D. Informações sobre Cogumelos Comestíveis. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 10, n. 2, Jul-Dez., 2013.

GOMES, D.; AKAMATSU, I.; SOUZA, E. de.; FIGUEIREDO, G. J. B. de. Censo Paulista de Produção de Cogumelos Comestíveis e Medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 13, n. 1, Jan-Jun., 2016.

GÓMEZ, J. P. G.; ANDRADE, J. L. C. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. **NOVA - Publicación Científica EN CIENCIAS BIOMÉDICAS** - ISSN:1794-2470, v. 6, n. 10, p. 101-236, 2008.

GONÇALVES, L. C.(org.); FERREIRA, D. A.; CARVALHO, W. T. V.; FERREIRA, P. D. S. (org.); RAMIREZ, M. A. Qualidade de ingredientes para alimentação de bovinos. In: BORGES, Iran (org.); **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ, 2009. cap. 30, p. 545-568.

GRANDE, S. C.; CREN, E. C. Demanda de Proteínas Vegetais: Potencialidades e o Diferencial dos Farelos de Macaúba (revisão). **Journal of Chemical Engineering and Chemistry – JCEC**. v. 02, n. 03, p. 190-214, 2016.

HERNÁNDEZ, B.C.R.; HERNÁNDEZ, J. Z.; VERDUZCO, J.E.G.A.; FRIER, J.P. D.; BARRIOS, E.P.; MARTÍNEZ, M.A.G. Importancia Agroecológica del Coyul (*Acrocomia mexicana* Karw. ex Mart.). **Estudios Sociales**. v. 21, n. 41, p. 96-113, jun., 2013.

HU, C.-C.; LIU, L.-Y.; YANG, S.-S. Protein enrichment, cellulase production and *in vitro* digestion improvement of pangolagrass with solid state fermentation. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**. v. 45, n. 1, p. 7-14. fev., 2012.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012. http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf.

JONATHAN, S. G.; OKORIE, A. N.; GARUBA, E. O.; BABAYEMI, O. J. 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.

LORENZI, G. M. A. C., NEGRELLE, R. R. B. *Acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. **EX MART.: aspectos ecológicos, usos e potencialidades**. 2006. Artigo científico. Universidade Federal do Paraná, UFPR. Disponível em: http://www.entabanbrasil.com.br/downloads/Macauba_Aspectos-Ecologicos_Revisao_UFPR.pdf. Acesso em 05 jun. 2012.

MACHADO, W.; GUIMARÃES, M.F.; LIRA, F.F.; SANTOS, J.V.F.; TAKAHASHI, L.S.A.; LEAL, A.C.; COELHO, G.T.C.P. Evaluation of two fruit ecotypes (*totai* and *sclerocarpa*) of macaúba(*Acrocomia aculeata*). **Industrial Crops and Products**. v. 63, p. 287–293. 2015.

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

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**. v. 135, p.1520–1526 . 2012.

MENEZES de SA, H. C. **Subprodutos do processamento industrial do babaçu para ovinos**. 2011. 132f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Escola de veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/BUOS-QGHRG/1/dissertacaofinal.pdf>. Acesso em 31 mai. 2012.

MENDONÇA, B. P. C.; LANA, R. P.; DETMANN, E.; GOES, R. H. T. B.; CASTRO, T. R. Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento [*Crambe meal in finishing of beef cattle in feedlot*]. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 583-590, 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.

MORAES, S. A. de. **Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos**. 2007. 57f. Tese (Doutorado em Nutrição Animal)- Escola de veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/VETC-7AQPPH/1/tese_salette_alves_de_moraes.pdf. Acesso em 31 maio 2012.

NASCIMENTO FILHO, W. B. DO.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

NAYAK, B.K.; BATHMARAJAN, V.; NANDA, A. 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, I. P. de. **Estudo da degradação térmica de misturas dos óleos da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) por espectroscopia molecular**. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

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.

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.; BREYER, C. A.; LONGHI, R. F.; OVIEDO, M. S. V. P. 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. 2, p. 11-14, 2012.

PAZ, M. F.; DEMENJOURI, P. L.M. M.; CARDOSO, J. C. P.; LEITE, R. S. R. Cultivation of edible mushroom *Hiboukitake* in caju bagasse by in Jun-Cao technique. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 146-152, 2013.

PEREIRA, D. R.M.; GODOY, M. M.; SAMPAIO, C. C.; SILVA, T. V.; FELIX, M. J.D.; OLIVEIRA, R. L. R. Uso do girassol (*Helianthus annuus*) na alimentação animal: Aspectos produtivos e nutricionais. **Veterinária e Zootecnia**. v. 23, n. 2, p. 174-183. Jun. 2016.

PICORNELL, M. R.; PARDO, A.; JUAN, J. A. Reuse of degraded *Pleurotus ostreatus* substrate through supplementation with wheat bran and Calprozime® quantitative parameters. **Agromía Colombiana**, Doi: 10.15446/agron.colomb.v33n2.49760 v. 33, n. 2, p. 261-270, 2015.

REVELLO, C. Z. P. **Avaliação do valor nutricional de resíduos do processamento da macaúba (*acrocomia aculeata*) e de seus produtos de Bioconversão**. 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2014.

- RIOS, M. D. P.; HOYOS, J. L.; MOSQUERA, S. A. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. **Facultad de Ciencias Agropecuarias**, Universidad del Cauca, Colômbia, v. 8, n.2, p. 86-94, 2010.
- 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, ISSN 1516-8840. Documentos, 306, 177f., 2010.
- RUFINO, L. M. de A.; BARRETO, S. M. P.; DUARTE, E. R.; GERASEEV, L. C.; SANTOS, A. C. R.; JARUCHE, Y. G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p. 899-903, 2011.
- SALMAN, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. de. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. 2010. 26f. **EMBRAPA**. Porto Velho, RO. 2010.
- SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D.J. **La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.*** Ed. El colegio de la frontera sur y LIMUSA, México. 2001. 293 folhas. [[LINK](#)]
- 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, 235f., 2002.
- SILVA, N. D.; SILVA JUNIOR, A. G. da; PEREZ, R.; ÁVILA, M. B. R.de. **Avaliação da produção agrícola da macaúba**. 2008. Artigo Científico–Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.bioenergiaufv.com.br/conteudo.php?id=16>>. Acesso em 15 jun. 2012.
- SINDHU, R.; GNANSOUNOU, E.; BINOD, P.; PANDEY, A. Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products e An overview. **Renewable Energy an International Journal**, v. 98, p. 203-215, 2016.
- SOBREIRA, H. F. **Resíduos do coco da macaúba em substituição parcial ao milho e farelo de soja em rações para vacas mestiças lactantes**. 2011. 27f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, 2011.
- SOUZA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. DE J. M. DA; LIMA, A. de. Caracterização Nutricional e Compostos Antioxidantes em Resíduos de Polpas de Frutas Tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011.

TEIXEIRA, U. H. G.; SIMIONI, T. A.; PINA, D. S.; GOMES, F. J.; PAULA, D. C. de; BOTINI, L. A. Potencial de utilização de co-produtos agroindustriais para suplementos. **Revista eletrônica nutritime**, v.11, n. 02, p. 3363–3386. mar/abr. 2014.

URBEN, A. F. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 186 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca. NY: New York: Cornell University, 1994, 476f. Disponível em: http://books.google.com.br/books/about/Nutritional_Ecology_of_the_Ruminant.html?id=-mwUu6PL1UgC&redir_esc=y. Acesso em 24 set. 2015. [[Link](#)].

VIANNA, S. A.; HIANE, P. A.; JORDÃO, M. N.; COSTA, E. C. da; POTT, A. Physical and Nutritional Assessment of Fruits of *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex Mart. (*Arecaceae*) Based on Pulp Color. **Rev. Biodiversidad Neotropical**. v. 5, n. 2. p. 89-95. 2015.

WOICIECHOWSKI, A. L.; CARVALHO, J. C. DE; SPIER, M. R.; HABU, S.; YAMAGUSHI, C. T.; GHIGGI, V.; SOCCOL, C. R. **Emprego de Resíduos Agroindustriais em Bioprocessos Alimentares**. Capítulo de Biotecnologia de alimentos, coleção Ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição, editora Atheneu, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, p. 143-172, 2013.

WWF. The growth of Soy: Impacts and Solutions. In: **WWF-INTERNATIONAL**, Gland, Suíça. 2014.