



ANNA CAROLINA ERLACHER MEDICI

**PALHA DE FEIJÃO E CASCA DE CAFÉ:
POTENCIALIDADES DA SUA UTILIZAÇÃO NO CULTIVO
DE COGUMELOS**

LAVRAS-MG

2025

ANNA CAROLINA ERLACHER MEDICI

**PALHA DE FEIJÃO E CASCA DE CAFÉ: POTENCIALIDADES DA SUA
UTILIZAÇÃO NO CULTIVO DE COGUMELOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração Microbiologia Agrícola, para obtenção do Título de Mestre.

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias
Orientador

Prof. Dr. Félix Gonçalves de Siqueira
Co-orientador

**LAVRAS-MG
2025**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Medici, Anna Carolina Erlacher.

Palha de feijão e casca de café: potencialidades da sua
utilização no cultivo de cogumelos / Anna Carolina Erlacher
Medici. - 2025.

61 p. : il.

Orientador(a): Eustáquio Souza Dias.

Coorientador(a): Félix Gonçalves de Siqueira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal
de Lavras, 2025.

Bibliografia.

1. Casca de café e palha de feijão. 2. *Pleurotus ostreatus*.
3. Cultivo de cogumelos. I. Dias, Eustáquio Souza. II.
Siqueira, Félix Gonçalves de. III. Título.

ANNA CAROLINA ERLACHER MEDICI

**PALHA DE FEIJÃO E CASCA DE CAFÉ: POTENCIALIDADES DA SUA
UTILIZAÇÃO NO CULTIVO DE COGUMELOS**

**COFFEE HUSK: THE CHALLENGES OF ITS USE ON MUSHROOM
CULTIVATION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração Microbiologia Agrícola, para obtenção do Título de Mestre.

APROVADA em 29 de novembro de 2023.

Profa. Dra. Meire Cristina Nogueira de Andrade - FGT

Prof. Dr. Whasley Ferreira Duarte - UFLA

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias
Orientador

Prof. Dr. Félix Gonçalves de Siqueira
Co-Orientador

LAVRAS-MG

2025

“¹⁷ Porque ainda que a figueira não floresça, nem haja fruto na vide; ainda que decepcione o produto da oliveira, e os campos não produzam mantimento; ainda que as ovelhas da malhada sejam arrebatadas, e nos currais não haja gado;

¹⁸ Todavia eu me alegrarei no Senhor; exultarei no Deus da minha salvação.”

Bíblia, Habacuque 3:17,18

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho, tenho a certeza de que, sem Deus, não teria forças para chegar aqui. Por isso, à Ele, toda a honra e toda a glória, para sempre!

Agradeço a minha família, meus pais Simone Erlacher Medici e Antonio Luiz Matos Medici que, graças a Deus, me deram forças e sustento, de todas as formas, para conseguir alcançar meus sonhos e objetivos. A meu irmão Marcus Vinicius Erlacher Medici por todo o apoio e ombro em momentos de desespero.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo acolhimento e oportunidades oferecidas, e ao PPGMA - UFLA (Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola), estendendo-se a todos os professores e funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

Ao Professor e Orientador prof. Eustáquio Souza Dias por todo o auxílio e orientação que me foi prestado, pelo profissionalismo, ética, incentivo e disponibilidade, assim como pelos infinitos conhecimentos transmitidos.

Ao meu Co-Orientador Dr. Félix Gonçalves de Siqueira por também acreditar em mim, pelo incentivo e pelas oportunidades que me foram concedidas.

Ao Professor Dr. Filipe Elias Freitas Soares por acreditar na minha capacidade, por sua boa vontade e disponibilidade a me ajudar sempre quando precisei, estendendo-se ao seu orientado Hugo.

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Cogumelos Comestíveis: Marília Santiago, Carlos Godinho, Elisângela Lucas, Akiiany Anderson, Clara Santos e Milene. Agradeço também aos amigos Clara Souza, Danilo José, Tainá Torres, Ádrian, Victor Buttrós, Willian Takahashi e Luciana Ribeiro, por toda ajuda e todo companheirismo. Obrigada pelos momentos de risadas, descontração e por me ajudarem quando precisei. Sou muito feliz por ter convivido com vocês!

Aos queridos Maria Clara Carli, Lais Rodrigues, Luana Teles e Lucas Azevedo, por todos os cafés, risadas e apoios quando precisei. As amigas Juliana Celestino, Yohana Soares, Rafaella Zanotti e Amanda Lorencini que, mesmo de longe, se mantiveram presentes por todo o caminho.

Ao Guilherme Chaves de Holanda por sempre me apoiar, por me ouvir e consolar quando mais precisei, por sempre me incentivar e nunca me deixar desistir.

Aos queridos convidados da banca Dra. Meire Andrade e Dr. Diego Cunha Zied, pela disposição e por todo conhecimento.

Por todo o voto de confiança que depositaram em mim, o meu mais sincero, **MUITO OBRIGADA!**

RESUMO

O consumo de cogumelos é registrado desde a antiguidade e continua sendo uma prática realizada no mundo todo. As espécies de cogumelos do gênero *Pleurotus* estão em segundo lugar no ranking dos cogumelos mais consumidos globalmente, por seu fácil cultivo e versatilidade no uso de resíduos lignocelulósicos para seu crescimento. Este trabalho foi dividido em 3 capítulos, sendo a introdução geral (cap.1), o cultivo de cogumelos *Pleurotus ostreatus* em palha de feijão (cap.2) e o uso da casca de café para o cultivo de cogumelos (cap.3). Como controle, foram utilizadas formulações de substrato conhecidas por apresentar ótimos rendimentos de produção. Os resultados obtidos demonstraram que, para os substratos axênicos, pode-se utilizar até 50% de casca de café bruta. Por outro lado, para os substratos compostados, os melhores resultados foram obtidos com um máximo de 20% de casca de café. Com respeito ao pergaminho, observou-se que este subproduto pode ser utilizado puro, com ótima produção de cogumelos. Entretanto, o pergaminho puro apresenta baixa compactação, fazendo com que o substrato se desagregue rapidamente após o primeiro fluxo de produção.

Palavras-chave: Casca de café; *Pleurotus ostreatus*; pergaminho; palha de feijão.

ABSTRACT

The consumption of mushrooms has been recorded since ancient times and continues to be a practice carried out around the world. The mushroom species of the genus *Pleurotus* are in second place in the ranking of the most consumed mushrooms globally, due to their easy cultivation and versatility in the use of lignocellulosic residues for their growth. This work was divided into 3 chapters, being the general introduction (chap.1), the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms in bean straw (chap.2) and the use of coffee husks for cultivating mushrooms (chap.3). As a control, substrate formulations known to present excellent production yields were used. The results obtained demonstrated that, for axenic substrates, up to 50% of raw coffee husk can be used. On the other hand, for composted substrates, the best results were obtained with a maximum of 20% coffee husks. Regarding parchment, it was observed that this by-product can be used pure, with excellent mushroom production. However, pure parchment has low compaction, causing the substrate to disintegrate quickly after the first production flush.

Keywords: Coffee husk; *Pleurotus ostreatus*; parchment; bean straw.

INDICADORES DE IMPACTO

O estudo sobre o cultivo de cogumelos *Pleurotus ostreatus* em substratos alternativos como palha de feijão e casca de café, apresenta impactos significativos nas esferas social, tecnológica, econômica e ambiental. Ao propor o aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de cogumelos, o trabalho contribui para a economia circular, reduzindo o impacto ambiental da produção e do consumo, e promovendo a reutilização, reciclagem, reparação e renovação de produtos e materiais. A utilização da casca de café e do pergaminho como substrato de cultivo estimula o reaproveitamento desses subprodutos, promovendo alternativas econômicas para a cafeicultura e a produção de cogumelos. O potencial impacto econômico se dá através da redução de custos em substratos tradicionais e pelo aumento da produtividade e eficiência biológica com a utilização destes subprodutos, demonstrando bons rendimentos, o que já vem sendo apresentado em diversos estudos apresentados neste trabalho. A pesquisa também favorece a segurança alimentar e a diversificação da dieta, uma vez que os cogumelos comestíveis, como o *Pleurotus ostreatus*, são ricos em proteínas, fibras e compostos bioativos benéficos à saúde, contribuindo para o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). Além disso, a valorização de resíduos agrícolas e a diminuição do impacto ambiental associado ao descarte inadequado, reforçam o alinhamento com os ODS citados anteriormente, juntamente com o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). A inclusão da sociedade no desenvolvimento da pesquisa, através do acesso à aplicação da técnica por agricultores familiares e produtores locais, caracteriza um impacto para além da academia, promovendo práticas de produção sustentável e incentivando a geração de renda em comunidades rurais.

IMPACT INDICATORS

The study on the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms in alternative substrates such as bean straw and coffee husks have significant impacts in the social, technological, economic and environmental spheres. By proposing the use of agro-industrial waste in mushroom production, the work contributes to the circular economy, reducing the environmental impact of production and consumption, promoting the reuse, recycling, repair and renewal of products and materials. The use of coffee husks and parchment as cultivation substrates encourages the reuse of these by-products, promoting economic alternatives for coffee growing and mushroom production. The potential economic impact occurs through the reduction of costs in traditional substrates and the increase in productivity and biological efficiency with the use of these by-products, demonstrating good yields, which have already been demonstrated in several studies presented in this work. The research also promotes food security and dietary diversification, since edible mushrooms, such as *Pleurotus ostreatus*, are rich in protein, fiber and bioactive compounds that are beneficial to health, contributing to SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture) and SDG 12 (Responsible Consumption and Production). In addition, the valorization of agricultural waste and the reduction of the environmental impact associated with inadequate disposal reinforce the alignment with the SDGs mentioned before, together with SDG 13 (Climate Action). The inclusion of society in the development of research, through access to the application of the technique by family farmers and local producers, characterizes an impact beyond academy, promoting sustainable production practices and encouraging income generation in rural communities.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1.	Formulação de substratos para o cultivo de cogumelos	14
2.2.	Suplementação dos substratos de cultivo de cogumelos	17
2.3.	Casca de café e pergaminho	18
2.4.	O uso de resíduos de café no cultivo de cogumelos	20
2.5.	Os cogumelos	22
2.6.	<i>Pleurotus ostreatus</i>	23
	REFERÊNCIAS	25
	CAPÍTULO 2 – UTILIZAÇÃO DE PALHA DE FEIJÃO COMO SUBSTRATO PARA O CULTIVO AXÊNICO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
1.	INTRODUÇÃO	32
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39
	CAPÍTULO 3 – UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DO CAFÉ COMO SUBSTRATO PARA O CULTIVO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	41
1.	INTRODUÇÃO	43
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de cogumelos é registrado desde a antiguidade. Mais especificamente, na antiga Grécia e em Roma, suas características organolépticas e medicinais foram muito apreciadas. Dentre elas, a espécie *Amanita caesarea* era a mais procurada e, por isso, foi batizada de “Cogumelo do César”, enquanto espécies tóxicas foram utilizadas para destronar imperadores, papas e reis (Carrasco *et al.*, 2018).

Trazendo para o nosso cenário atual, o consumo de cogumelos continua sendo uma prática utilizada no mundo todo. As espécies do gênero *Pleurotus* estão em segundo lugar no ranking dos cogumelos mais consumidos globalmente, sendo responsáveis por 19% da produção mundial de cogumelos. Na última década, o consumo de cogumelos comestíveis apresenta uma taxa de aumento de 15% ao ano e a expectativa é de que esse aumento continue (Caldas *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2023). Ele pode ser conhecido como cogumelo ostra, shimeji ou hiratake, apresentando excelentes fontes de proteínas de alto valor, aminoácidos essenciais, antioxidantes, bioativos, vitamina D, macro e micronutrientes e carboidratos (Magalhães *et al.*, 2018; Caldas *et al.*, 2022).

No Brasil, a produção dos *Pleurotus* está entre as mais importantes, sendo cerca de 7475 toneladas colhidas por ano, somando 48% do total da produção, apresentando a importância econômica deste cogumelo no cenário da indústria nacional de cogumelos. Apesar disso, o consumo de cogumelos, quando comparado com países europeus, ainda é baixo. Grande parte do cultivo ainda é feita por pequenos produtores, dentro da agricultura familiar. Neste contexto, o preço de mercado dos cogumelos no Brasil é muito alto, provavelmente pelo baixo investimento em tecnologia, resultando em baixa produtividade (Albertia *et al.*, 2021; Iossi *et al.*, 2023). Entretanto, pouco a pouco vão surgindo empresas mais estruturadas, com maior capacidade de investimento e, conseqüentemente, de produção.

A tecnologia utilizada na produção de cogumelos brasileiros foi, por muitos anos, adaptada de países desenvolvidos, cujos materiais e climas são distintos do Brasil (Albertia *et al.*, 2021). Estes microrganismos possuem capacidades bioquímicas versáteis e seu metabolismo adaptável e flexível os beneficia (Iossi *et al.*, 2023). Para os *Pleurotus*, o cultivo de algumas espécies ou linhagens não requer altos investimentos em infraestrutura, além de se adaptarem bem a uma gama de substratos lignocelulósicos (Magalhães *et al.*, 2018). Esta característica faz do Brasil, que possui grandes quantidades destes resíduos advindos de práticas agrícolas e agroindustriais, um potencial produtor dos cogumelos *Pleurotus*. Estes substratos

ricos em nutrientes disponíveis, apresentam carboidratos complexos como celulose, hemicelulose e lignina. *P. ostreatus* é um decompositor primário, sendo, portanto, capaz de degradar esses substratos, graças ao seu aparato enzimático. Apesar disso, para se alcançar elevados níveis de produtividade, outros parâmetros devem ser considerados, uma vez que outros fatores podem afetar a qualidade nutricional do substrato de cultivo (Magalhães *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2023).

Além de oxigênio, pH e temperatura em níveis adequados, nutricionalmente um cogumelo precisa de água, carbono (C), nitrogênio (N), minerais e vitaminas para poder se desenvolver, sendo a relação C/N um dos mais importantes (Carrasco *et al.*, 2018; Iossi *et al.*, 2023). Portanto, a melhor combinação de fatores físicos, físico-químicos e químicos é importante para otimizar a produção de cogumelos e diminuir o seu custo (Albertia *et al.*, 2021).

Portanto, para o cultivo de cogumelos em geral, o substrato precisa apresentar uma relação C/N adequada, além de um equilíbrio nutricional para os demais nutrientes, para influenciar positivamente o seu rendimento e eficiência biológica. Por isso, utiliza-se uma combinação de diferentes matérias-primas e, geralmente, quando se utiliza uma matéria-prima como volumoso principal, recomenda-se a suplementação do substrato com farelos de cereais, tais como trigo, milho e arroz, com o propósito de ajustar a relação C/N do substrato, além de suprir outras necessidades nutricionais (Magalhães *et al.*, 2018; Iossi *et al.*, 2023).

Os resíduos de café abrangem o pergaminho, polpa de café, casca de café, película dourada e borra de café. Estes resíduos possuem elevado teor de celulose (12,40%), hemicelulose (39,10%), lignina (23,90%) e proteína (8,8%), como observado na Tabela 1, podendo ser aplicados como substratos suplementares no cultivo de *Pleurotus* sp. O uso desses materiais em proporções adequadas pode ser uma alternativa interessante para a formulação de substratos de cultivo de cogumelos, além de amenizar o problema do descarte inadequado dos mesmos no ambiente (Ballesteros, Teixeira e Mussatto, 2014; Alsanad *et al.*, 2021; Chai *et al.*, 2021, Machado *et al.*, 2023). Abou Fayssal *et al.* (2021) relataram bons resultados de produtividade e eficiência biológica quando utilizaram a proporção máxima de 33% de borra de café na produção de *P. ostreatus*. Outros estudos também demonstraram bons resultados utilizando determinadas concentrações da borra de café como alternativa de suplementação para o cultivo de algumas espécies de *Pleurotus* (Freitas *et al.*, 2017; Carrasco-Cabrera *et al.*, 2019; Gąsecka *et al.*, 2020; Alsanad *et al.*, 2021).

Tabela 1 – Composição química da borra de café e da película prateada do café. Os componentes são apresentados em g/100g de matéria seca.

Componentes químicos	Borra de café	Película prateada de café
Celulose (Glicose)	12,40±0,79	23,77±0,09
Hemicelulose	39,10±1,94	16,68±1,30
Manose	19,07±0,85	1,77±0,06
Galactose	16,43±1,66	3,76±1,27
Xilose	nd	7,61±0,02
Lignina	23,90±1,70	28,58±0,46
Proteína	17,44±0,10	18,69±0,10
Relação C/N	16,91±0,10	14,41±0,10

Os resultados são expressos como média±desvio padrão; n=3; nd=não detectado.

Fonte: Ballesteros, Teixeira e Mussatto (2014) com modificações.

Ainda que já existam diversos estudos que estabelecem o substrato ideal para o cultivo de *Pleurotus*, a utilização da casca de café e do pergaminho como fonte de substrato alternativo pode ser uma opção. Apesar disso, grande parte dos trabalhos fez uso da borra de café e aqueles que mencionaram a utilização da casca de café bruta, relataram a necessidade de tratamentos térmicos em água para que a casca pudesse ser utilizada, indicando uma dificuldade para a utilização desta matéria-prima. Neste trabalho, estes subprodutos serão estudados, otimizando o seu uso e buscando alternativas para o pré-tratamento da casca de café, visando a formulação ideal para que seu uso não afete negativamente a produção do cogumelo. Sabendo da importância da formulação do substrato ideal para o cultivo de *Pleurotus* e como isso pode afetar no seu rendimento e na eficiência de sua produção, este trabalho visa estudar o uso da casca de café e pergaminho na produção do cogumelo *Pleurotus ostreatus*, além da otimização dos adubos no desenvolvimento deste fungo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Formulação de substratos para o cultivo de cogumelos

O cultivo de cogumelos é uma prática que combina o gerenciamento de resíduos com produção de alimentos para o ser humano. A lignocelulose é responsável por 60% da biomassa mundial e participa de vários processos industriais, inclusive na produção de cogumelos comestíveis (O'Brien *et al.*, 2019; Galić *et al.*, 2021). Uma das formas mais eficazes de produzir

cogumelos é utilizando fontes de materiais lignocelulósicos locais, sendo, na maioria das vezes, resíduos de práticas agrícolas (Pavlík *et al.*, 2020).

O preparo do substrato para o cultivo de cogumelos se baseia em uma mistura de subprodutos agrícolas ou florestais à base de lignina, compostados e não compostados, como ingredientes principais, o que faz com que o custo de produção seja baixo. Dependendo do país ou da região, uma grande variedade de materiais pode ser utilizada (Carrasco *et al.*, 2018). No Brasil, por exemplo, a cana de açúcar e gramíneas forrageiras, em especial da *Brachiaria*, são excelentes ingredientes para a composição do substrato de cultivo de cogumelos (Zied *et al.*, 2019). Na Europa e na América do Norte, a palha de trigo e as espigas de milho utilizadas na produção de etanol, geram resíduos lignocelulósicos que também podem ser utilizados na produção de cogumelos comestíveis (Galić *et al.*, 2021). Por outro lado, a palha de arroz é comumente utilizada na Ásia, na produção de cogumelos comestíveis. Portanto, a formulação de substratos para o cultivo de cogumelos comestíveis pode ser adaptada, a partir da maior fonte de resíduo agrícola produzido na região do produtor, que possuam qualidade e quantidade suficientes (Carrasco *et al.*, 2018).

A determinação da fonte de substrato afeta na sustentabilidade da produção, assim como determinada suplementação aumenta ou não a produtividade do cogumelo (Iossi *et al.*, 2023). Dentro do gênero *Pleurotus*, a espécie *P. ostreatus* pode ser cultivada em substratos que passaram por um processo de fermentação em estado sólido e, juntamente com a microbiota nativa, amadurecem a matéria-prima em diferentes etapas (Carrasco *et al.*, 2018). Entretanto, assim como as demais espécies do gênero, esta espécie cresce muito bem em substratos axênicos, sem a necessidade de compostagem. O cogumelo *P. ostreatus* geralmente é reconhecido como uma das espécies mais fáceis de se cultivar pelo seu rápido crescimento e frutificação em uma ampla variedade de substratos (Zied & Pardo-Giménez, 2017; O'Brien *et al.*, 2019; Hultberg *et al.*, 2023).

Apesar do complexo enzimático de *P. ostreatus* ser um excelente degradador de celulose, hemicelulose e lignina, se estes substratos não estiverem nutricionalmente equilibrados, a produtividade do cogumelo pode ser comprometida. Por isso, quando se utiliza uma matéria-prima de elevada relação C/N como volumoso principal, recomenda-se à sua suplementação, ingredientes ricos em N (Magalhães *et al.*, 2018). Alguns exemplos de suplementação podem ser: farelo de arroz, trigo e milho, palha de feijão, casca de amendoim, além de suplementos minerais tais como sulfato de amônia ou ureia (Zied & Pardo-Giménez, 2017; Carrasco *et al.*, 2018; Magalhães *et al.*, 2018; Zied *et al.*, 2019).

Juntamente com a qualidade nutricional do substrato, o aspecto sanitário e suas propriedades físicas também influenciam consideravelmente o rendimento de *P. ostreatus*. Apesar de que o rápido crescimento de seu micélio seja uma importante característica para o controle de contaminantes, o substrato também é exposto a um tratamento térmico, como pasteurização ou autoclavagem, para que este meio se torne livre de microrganismos que possam prejudicar o seu desenvolvimento. Outra alternativa é a utilização da compostagem, seguida por pasteurização do substrato a 60°C por 8 a 12h, através de injeção de vapor (Siqueira *et al.*, 2012; Zied & Pardo-Giménez, 2017; Carrasco *et al.*, 2018; Magalhães *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2023).

Além da formulação, umidade e pH do substrato, outros fatores, tais como temperatura, umidade relativa do ar, impactam significativamente na qualidade da frutificação dos cogumelos (Zied & Pardo-Giménez, 2017; Carrasco *et al.*, 2018; Pavlík *et al.*, 2020; Chukwu *et al.*, 2022). De modo geral, para o cultivo de cogumelos, o pH deve estar em torno da neutralidade, tendendo para o básico. Normalmente, utiliza-se calcário ou carbonato de cálcio, gesso e até mesmo cal como condicionadores do substrato, especialmente para o controle do pH (Maurya *et al.*, 2019; Mahari *et al.*, 2020; Chukwu *et al.*, 2022).

A umidade adequada do substrato é um fator de grande importância, uma vez que, além da necessidade de água para o crescimento do fungo, o excesso de água favorece também a geração de um ambiente de anaerobioses, uma vez que o oxigênio é pouco solúvel em água. Portanto, se o substrato estiver com excesso de água, a aeração ficará comprometida de tal forma que prejudicará a colonização do substrato pelo fungo. Apesar disso, os fungos normalmente crescem bem em ambientes com elevado teor de CO₂, entretanto, para a sua frutificação, é necessário aumentar a ventilação no ambiente de cultivo, de forma que reduza a concentração de CO₂ para níveis entre 800 e 1000 ppm (Zied & Pardo-Giménez, 2017; Pavlík *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2023).

O controle da temperatura é um dos fatores que podem afetar a indução da frutificação, entretanto, a temperatura ideal varia de espécie para espécie ou até mesmo entre linhagens de uma mesma espécie. Dentro do gênero *Pleurotus*, há espécies que requerem a redução da temperatura para 18° C, enquanto que para outras a indução da frutificação ocorre bem a 25° C ou mais (Zied & Pardo-Giménez, 2017; Albertia *et al.*, 2021). A umidade relativa do ar também é um fator crucial para a produção de cogumelos. Uma vez que os cogumelos não possuem mecanismos de defesa contra a perda da água, o início da frutificação requer uma elevada umidade relativa do ar. Uma vez iniciada a frutificação, se a umidade relativa do ar diminuir a níveis críticos, o primórdio sofrerá o abortamento e o processo não se completará. Além disso,

deve-se lembrar que a massa fresca do cogumelo é composta por 90% água (Navarro *et al.*, 2020). Portanto, recomenda-se que a umidade relativa do ar seja mantida entre 85-95% nas salas de frutificação (Zied & Pardo-Giménez, 2017; Mahari *et al.*, 2020).

2.2. Suplementação dos substratos de cultivo de cogumelos

A composição dos cogumelos e seu valor nutricional são afetados pelo tipo do substrato e sua composição. A adição de suplementos comerciais e/ou outros aditivos ricos em proteínas, não só aumentam o rendimento de *P. ostreatus*, como também melhoram seu valor nutricional (Silva *et al.*, 2007). A ureia, por exemplo, é uma fonte orgânica de nitrogênio utilizada para elevar o teor de nitrogênio nos substratos de cultivo de cogumelos (Silva *et al.*, 2007; Déo & Faustin, 2015; Carrasco *et al.*, 2018).

Substratos lignocelulósicos são materiais que geralmente possuem baixo teor de proteína, nitrogênio, fósforo e potássio (Picornell-Buendía *et al.*, 2016), dependendo, claro, do tipo de material. A suplementação de nitrogênio no substrato pode levar a melhoras na produtividade, porém, se o nível de nitrogênio estiver maior do que o necessário, o crescimento micelial pode ser inibido, ou o substrato pode ser colonizado, mas não ocorrer a frutificação (Silva *et al.*, 2007). Dentre os suplementos utilizados no cultivo de cogumelos, estão os farelos de cereais ou oleaginosas, amplamente utilizados na formulação do substrato de vários tipos de cogumelos (Bellettini *et al.*, 2019; Dedousi *et al.*, 2023). Alguns dos suplementos podem ser: casca de semente de algodão, soja, farinha de soja, farelo de trigo, farinha de milho, resíduos de moinho e farelo de arroz (Picornell-Buendía *et al.*, 2016; Carrasco *et al.*, 2018; Bellettini *et al.*, 2019; Kumar, Chand e Patel, 2020; Sassine *et al.*, 2021; Chukwu *et al.*, 2022).

Outra suplementação importante nos substratos de cogumelos são as fontes de cálcio (Dedousi *et al.*, 2023). Além de ser muito importante no metabolismo fúngico (Ogidi *et al.*, 2020), esse tipo de suplementação regula o pH do substrato, conforme mencionado anteriormente, além de trazer outros benefícios, tais como no controle da contaminação bacteriana durante o cultivo, prolongando o armazenamento pós-colheita (Dedousi *et al.*, 2023). Alguns exemplos destes suplementos estão a cal, gesso, calcário e sulfato de cálcio (Romero-Arenas *et al.*, 2012; Zied & Pardo-Giménez, 2017; Carrasco *et al.*, 2018; Magalhães *et al.*, 2018; Nam *et al.*, 2018; Chukwu *et al.*, 2022).

Os sais minerais são importantes e necessários em vários processos fisiológicos do fungo, entretanto, não é necessária a sua suplementação nos substratos, uma vez que, normalmente, já estão presentes nos ingredientes utilizados em quantidades suficientes para o fungo. Para isto, é necessário buscar formulações que permitam um bom equilíbrio nutricional, combinando

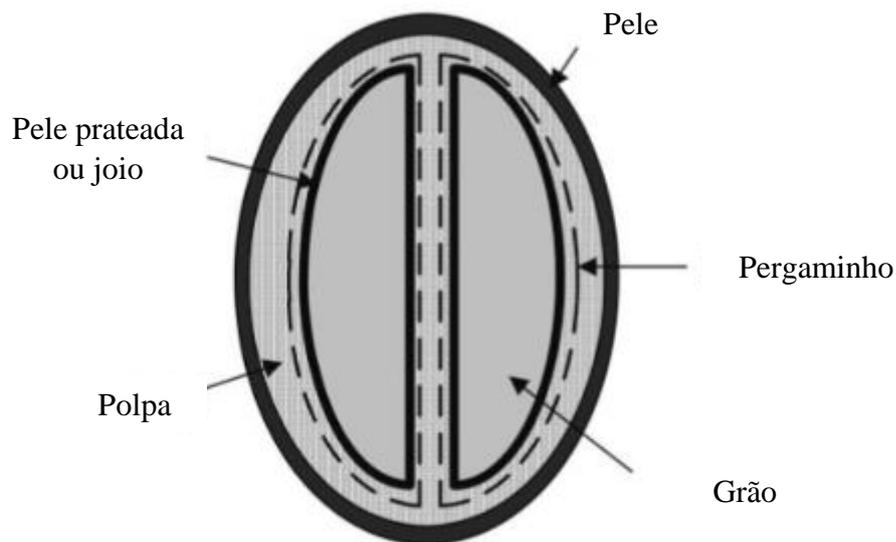
diferentes tipos de resíduos agrícolas com algum tipo de farelo (Oyetayo & Ariyo, 2013; Picornell-Buendía *et al.*, 2016; Sardar *et al.*, 2017; Bellettini *et al.*, 2019; Zied *et al.*, 2019; Iossi *et al.*, 2023). Apesar disso, existem suplementos comerciais, tais como Calprozima e Lithovit-Amino25 que fornecem aminoácidos para o micélio, para o cultivo de *P. ostreatus* (Picornell-Buendía *et al.*, 2016; Naim *et al.*, 2020; He *et al.*, 2021).

2.3. Casca de café e pergaminho

Grande quantidade de matéria orgânica agrícola e subprodutos industriais são produzidos por ano. A maioria desse material orgânico não pode ser diretamente direcionado para o consumo humano e animal, tornando necessária a transformação desses materiais em produtos de valor agregado (Bitew *et al.*, 2018). Por outro lado, grande parte deste material ainda é destinado à queima, dentre eles os resíduos da atividade cafeeira (Dissasa, 2022).

O fruto do café possui quatro camadas diferentes que protegem a semente (Figura 1). A camada mais externa é chamada de pele (epicarpo ou exocarpo), com substância cerosa e coloração avermelhada. A próxima camada, ou segunda camada, é fina e formada por pectina, chamada de polpa (mesocarpo). A terceira camada é denominada de pergaminho (endocarpo), com cobertura polissacarídica. E a última camada, que se encontra aderida à semente, é chamada de pele prateada ou joio (Hoseini *et al.*, 2021).

Figura 1 – Anatomia do fruto do café, representando as suas diferentes estruturas.



Fonte: figura adaptada de Hoseini *et al.* (2021).

Para que a qualidade dos grãos seja preservada e sua segurança contra contaminantes seja mantida, as quatro camadas que constituem o fruto devem ser extraídas, utilizando-se dois métodos principais: método seco e método úmido. O método seco é mais tradicional e gera uma menor quantidade de subprodutos sólidos e líquidos. Este método é caracterizado pela limpeza das cerejas e a sua secagem ao sol, revirando-as frequentemente para homogeneizar a secagem. Através de um descascador, as camadas externas das cerejas são retiradas e os grãos de café são torrados e ensacados. Para o método úmido (ou método lavado), são utilizados mais maquinários, resultando em uma qualidade dos grãos de café superior à do método seco, uma vez que os componentes do grão são mais bem preservados e o número de grãos defeituosos é menor (Hoseini *et al.*, 2021).

Cada etapa do processamento do café, desde o fruto até a xícara, incluindo a separação dos grãos do café, torra, embalagem e preparação da bebida, gera subprodutos. Dentre eles, no método seco, a casca de café é o principal subproduto e é formada por todas as camadas, incluindo pele seca, polpa, mucilagem e pergaminho. Este subproduto apresenta coloração marrom escuro, textura grossa e alta umidade. A tabela abaixo (Tabela 2 e 3) apresenta a composição e propriedades físico-químicas da casca de café, podendo esses valores, variar a partir da espécie, origem e processamento (Hoseini *et al.*, 2021).

Tabela 2 – Principal composição e propriedades físicoquímicas da casca de café.

Componentes orgânicos (g kg ⁻¹)	Casca de café
Carboidratos	580-850
Celulose	430
Hemicelulose	70
Lipídeos	5-30
Fibras totais	240
Cinzas	25-62
Proteínas	80-110
Cafeína	10
Taninos	50
Lignina	90

Fonte: tabela modificada de Hoseini *et al.* (2021).

Tabela 3 – Parâmetros físicoquímicos da casca de café.

Parâmetros físicoquímicos	Casca de café
pH	5.35-6.63
Carbono orgânico (g/kg)	545
Matéria orgânica (g/kg)	815
Razão C/N	29.8-40

Fonte: tabela modificada de Hoseini *et al.* (2021).

A casca do café também é rica em macro e micronutrientes, com quantidade considerável de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, além dos micronutrientes, incluindo selênio, conforme descrito na tabela 4 (Hoseini *et al.*, 2021). A composição da casca de café a tornaria um excelente substrato para o cultivo de cogumelos, entretanto, além dos nutrientes relacionados acima, a casca apresenta também cafeína e taninos, os quais podem agir como inibidores do crescimento micelial. Esses componentes tornam mais desafiador utilizar a casca de café como volumoso principal na composição de substratos para o cultivo de cogumelos.

Tabela 4 – Conteúdo de macro e micronutrientes presentes na casca de café, sendo os valores expressos em mg kg⁻¹ de matéria seca.

Elementos	Casca de café
Conteúdo total	5.000–30.000
N	1720-1830
P	80
K	20.600
Ca	2.210
Mg	790
S	1.100
Fe	260
Cu	20
Mn	60
Zn	10
B	91.4
Se	0.19
Na	40

Fonte: tabela modificada de Hoseini *et al.* (2021).

2.4. O uso de resíduos de café no cultivo de cogumelos

Com o intuito de aumentar a produtividade e valores nutricionais dos cogumelos, o uso de diferentes substratos vêm sendo testados (Nunes *et al.*, 2012). De modo geral, a suplementação é feita com materiais mais ricos em nitrogênio, com o intuito de se alcançar uma

relação C/N adequada para a espécie que se deseja cultivar (Buswell, Cai & Chang, 1995; Curvetto *et al.*, 2002; Shashirekha, Rajarathnam & Bano, 2005).

P. ostreatus pode ser cultivado em uma ampla quantidade de resíduos lignocelulósicos, tanto agrícolas quanto industriais (Abou Fayssal *et al.*, 2021). Considerando o grande volume de resíduos gerados pela indústria cafeeira, é evidente a importância da utilização desses materiais, não apenas no contexto da fungicultura em si, mas também no contexto ambiental. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, uma das preocupações reside no alto teor de compostos fenólicos, tais como os taninos, além da cafeína, a qual está presente também na casca de café. Entretanto, os fungos do gênero *Pleurotus* são também conhecidos pela sua capacidade de degradar diferentes tipos de compostos considerados tóxicos para outros organismos. Fan *et al.* (2006), por exemplo, apresentou bons resultados de produção de cogumelos de *P. ostreatus* em substrato à base de casca de café com alta concentração de cafeína e tanino.

Alsanad *et al.* (2021) relatou a utilização da borra de café para o cultivo de cogumelos *Pleurotus*. Semelhantemente, Abou Fayssal *et al.* (2021) relataram a utilização da borra de café para o cultivo de *P. ostreatus*, entretanto, segundo os autores, os melhores resultados de produtividade e eficiência biológica foram alcançados quando se utilizou a proporção máxima de 33% de borra de café.

Os resíduos de café abrangem a polpa, casca, pergaminho, película prateada e borra. Estes resíduos possuem alta porcentagem de celulose, hemicelulose e lignina, além de proteína, cujo teor varia de acordo com o tipo de resíduo. Portanto, esses materiais podem ser utilizados como ingredientes dos substratos de cultivo dos cogumelos *Pleurotus* (Chai *et al.*, 2021). Porém, considerando que a natureza de cada resíduo varia muito nas suas propriedades físicas e químicas, certamente a proporção ideal de cada um deve variar muito. Para a borra de café, por exemplo, a mesma deve ser utilizada numa proporção inferior a 30% para que haja frutificação de *P. pulmonarius* e *P. floridanus* (Chai *et al.*, 2021). A partir de 30% de borra no substrato de cultivo, houve a colonização, mas não houve frutificação, provavelmente, em função da elevada concentração de compostos fenólicos, principalmente de taninos, além de alcalóides, dos quais destaca-se a cafeína (Chai *et al.*, 2021). Além deste trabalho, vários outros relatam a utilização dos resíduos da indústria cafeeira, em especial, a borra de café como ingrediente do substrato de cultivo dos cogumelos *Pleurotus*, utilizando determinadas concentrações destes resíduos (Freitas *et al.* 2017; Carrasco-Cabrera *et al.* 2019; Gąsecka *et al.* 2020; Alsanad *et al.* 2021).

Apesar disso, há ainda muitas lacunas sobre a utilização da casca de café. Trabalhos preliminares demonstraram que este resíduo apresenta algumas limitações para a sua utilização,

tanto em substratos axênicos quanto em substratos compostados. Em alguns trabalhos, os autores sugerem a utilização da casca de café pura, quando na verdade isso seria muito difícil, não apenas em função da presença de compostos tóxicos, mas também porque este resíduo apresenta um elevado teor de proteína, que resulta em 2,1% de nitrogênio (Dias *et al.*, 2003). De modo geral, os cogumelos *Pleurotus* frutificam bem em substratos com relação C/N mais elevada, o que faz com que substratos com teor de nitrogênio acima de 1,5% não sejam adequados para estes cogumelos (Silva *et al.*, 2007). Portanto, novos estudos ainda precisam ser feitos para elucidar quais resíduos são mais apropriados e em quais proporções, para os substratos de cultivo dos cogumelos *Pleurotus*.

2.5. Os cogumelos

Cogumelos são os denominados corpos de frutificação que são produzidos, através de seu ciclo sexual, por fungos dos filos Basidiomycota e Ascomycota. Eles podem aparecer acima da terra (hipógeos) ou embaixo (epígeos) (Dias & Brito, 2017; Carrasco *et al.*, 2018). Mais de 2000 espécies de cogumelos foram descritas até hoje e se encontram bem difundidos na natureza (Bach *et al.*, 2017). Muitos cogumelos que frutificam na natureza são de espécies de fungos decompositores, mas importantes espécies são de fungos micorrízicos, das quais, algumas tornaram-se de grande importância no mercado de cogumelos silvestres. E ainda temos espécies de cogumelos que agem na natureza como patógenos, tanto de plantas como de insetos.

As espécies de cogumelos de cultivo mais fáceis são as de fungos decompositores, uma vez que não necessitam de interação com nenhum outro organismo vivo. Por isso, os cogumelos mais produzidos no mundo pertencem a este grupo de cogumelos. Em função disso, os mesmos alcançaram grande importância comercial, não apenas pelo seu valor gastronômico, mas também por seus valores nutricionais, nutracêuticos e terapêuticos (Naim *et al.*, 2020; Dedousi *et al.*, 2023). Dentre os cogumelos mais cultivados mundialmente, estão *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* e os cogumelos do gênero *Pleurotus*, *Auricularia* e *Flammulina* (Dedousi *et al.*, 2023).

Cogumelos são considerados fontes de proteínas de alta qualidade, aminoácidos, β -glucanos, peptídeos, substâncias quitinosas, terpenos, esteróis, compostos fenólicos, possuindo alto teor de fibras, minerais e vitaminas (Bach *et al.*, 2017; Elkanah *et al.*, 2022). Também possuem compostos com atividades imunoestimuladoras, anticancerígenas, antidiabéticas, antioxidantes, antitumorais, antifúngicas e propriedades redutoras de estresse (Bach *et al.*, 2017; Bellettini *et al.*, 2019; Elkanah *et al.*, 2022).

A produção de cogumelos comestíveis no Brasil se encontra em pouco mais de 15 toneladas anualmente, sendo 7475 (48%) representado pelo fungo *Pleurotus ostreatus* var. Florida (Tabela 5). Já com relação ao consumo, cerca de 130g de cogumelos frescos, são ingeridos por pessoa, anualmente (Sánchez *et al.*, 2018).

Tabela 5 – Produção e porcentagem estimada de cogumelos comestíveis no Brasil

Espécies de cogumelos cultivadas no Brasil	Produção
<i>Pleurotus</i> var. Florida	~7475 ton/ano, 48%
<i>Agaricus bisporus</i> (Champignon de Paris)	~5150 ton/ano, 33%
<i>Lentinula edodes</i> (Shitake)	~2172 ton/ano, 13%
<i>Agaricus subrufescens</i> , <i>F. velutipes</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>P. cornucopiae</i> , <i>Pholiola nameko</i> , <i>P. djamor</i>	~900 ton/ano, 6%

Fonte: Adaptado de Edible Mushroom Production in the Americas (Sánchez *et al.*, 2018)

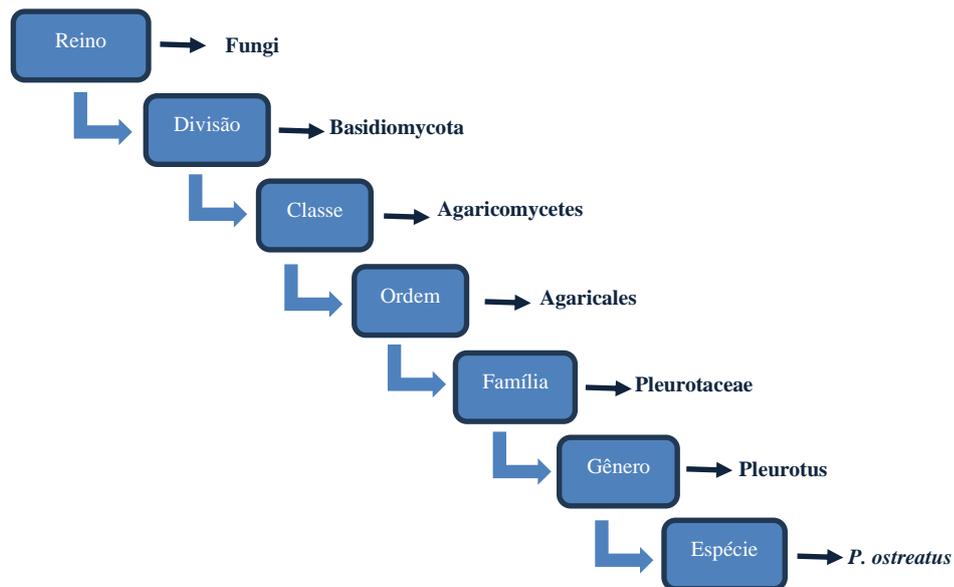
2.6. *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus, também conhecido como “cogumelo ostra” (oyster mushroom) (Mahari *et al.*, 2020) ou mais conhecido no Brasil como shimeji, vem sendo cultivado e consumido por milhares de anos (Abdul-Qader *et al.*, 2019), de reconhecido valor nutricional e alcançando alta demanda no mercado de cogumelos (Sianturi *et al.*, 2021). Esses organismos são conhecidos como “fungos de podridão branca”, sendo decompositores primários de elevada capacidade de degradação de substratos lignocelulósicos, graças à sua produção de enzimas que atuam diretamente na degradação de lignina e celulose, além de outros polissacarídeos (Bellettini *et al.*, 2019; Dedousi *et al.*, 2023; Iossi *et al.*, 2023). Além dessa capacidade degradativa de substratos lignocelulósicos, as espécies de *Pleurotus* apresentam um arsenal enzimático complexo, dando a elas robustez e rusticidade, tornando-as capazes de se adaptar a diferentes ambientes, incluindo diferentes temperaturas e tolerância a diferentes condições físico-químicas (Bellettini *et al.*, 2019; Naim *et al.*, 2020).

Os cogumelos ostra são consumidos globalmente e, com o passar da última década, o consumo de *Pleurotus* aumentou 15% ao ano. *Pleurotus ostreatus* possui um alto valor gastronômico e é conhecido por seu sabor e odor, assim como por seus valores nutricionais e medicinais. Esta espécie de cogumelo é fonte de antioxidantes, β -glucanos e bioativos, além de vitaminas, fibras, lipídeos e sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, ferro, cobre, magnésio e selênio (Caldas *et al.*, 2022; Elkanah *et al.*, 2022). Também são caracterizados por altos conteúdos de água e baixos valores calóricos, podendo ser adicionado em dietas controladas

(Bellettini *et al.*, 2019). Cerca de 22-27% do peso em massa seca, de proteína, 1% é gordura e 1% do peso em massa úmida, são sais, como potássio, fósforo e magnésio e seu corpo de frutificação não é comumente atacado por doenças e pestes, sendo o seu cultivo barato, simples e com alto rendimento de produção (Bellettini *et al.*, 2019; Gundoshmian *et al.*, 2022).

Figura 2 – Classificação básica dos cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus*.



Fonte: adaptado de Mahari *et al.*, 2020.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-QADER, Z. M. *et al.* Effect of different organic nitrogen sources nutrition on production, a some of the chemical composition and storageability of *Pleurotus ostreatus*. **Plant Archives**, v. 19, n. 1, p. 941–948, 2019. ISSN 0972-5210. DOI 10.5555/20209904198.
- ABOU FAYSSAL, S. *et al.* Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value. **PLoS ONE**, v. 16, n. 9, p. 1–18, 2021. DOI 10.1371/journal.pone.0255794.
- AKCAY, C.; CEYLAN, F.; ARSLAN, R. Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials and FTIR characterization of structural changes. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1–13, 2023. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-023-40200-x.
- ALBERTIA, M. M. *et al.* Tecnologic development on pleurotus cultivation: specific practices used in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, p. 1–10, 2021. ISSN 1678-4324. DOI 10.1590/1678-4324-2021200198.
- BACH, F. *et al.* Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 2382–2392, 2017. DOI 10.1111/ijfs.13522.
- BALLESTEROS, L. F.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 12, p. 3493–3503, 2014. DOI 10.1007/s11947-014-1349-z.
- BELLETTINI, M. B. *et al.* Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633–646, 2019. DOI 10.1016/j.sjbs.2016.12.005.
- BASHIYO, C. *et al.* Cultivo do cogumelo ostra em grama-batatais. **In: II ENCIVI, UNESP, 2008**. In: <http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/iiencivi-2008/cristiane-bashiyo.pdf>>. Acesso em: 10 de julho de 2023.
- BITEW, T.D.; MANDEFRO, S. A. Substrate optimization for cultivation of *Pleurotus ostreatus* on lignocellulosic wastes (coffee, sawdust, and sugarcane bagasse) in Mizan–Tepi University, Tepi Campus, Tepi Town. **J App Biol Biotech**. 2018;6(04):14-20. DOI 10.7324/JABB.2018.60403.
- CALDAS, L. A.; ZIED, D. C.; SARTORELLI, P. Dereplication of extracts from nutraceutical mushrooms *Pleurotus* using molecular network approach. **Food Chemistry**, v. 370, n. August 2021, p. 131019, 2022. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.131019.
- CALLOW, E.; ASSOCIATION, M. G. Observations on the methods now in use for the artificial growth of mushrooms: with a full explanation of an improved mode of culture, by which a most abundant supply can be procured and continued through-out every month in the year, with a degree of cert. [s.l.] **Mushroom Growers' Association of Great Britain and Northern Ireland**, 1965.

CARRASCO-CABRERA, C. P.; BELL, T. L.; KERTESZ, M. A. Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, n. 14, p. 5831–5841, 2019. DOI 10.1007/s00253-019-09883-z.

CARRASCO, J. *et al.* Biotechnological requirements for the commercial cultivation of macrofungi: substrate and casing layer. p. 159–175, 2018. DOI 10.1007/978-3-030-02622-6_7. DOI 10.1007/978-3-030-02622-6_7.

CARRASCO, J. *et al.* Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. **AMB Express**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2018. DOI 10.1186/s13568-018-0678-0.

CATARINA, M. *et al.* Production of selenium-enriched mushrooms in coffee husks and use of this colonized residue. [s.l.] **Elsevier Inc.**, 2015. DOI 10.1016/B978-0-12-409517-5.00033-4.

CHAI, W. Y. *et al.* Assessment of coffee waste in formulation of substrate for oyster mushrooms *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus floridanus*. **Future Foods**, v. 4, n. August, p. 100075, 2021. ISSN 2666-8335. DOI 10.1016/j.fufo.2021.100075.

CHUKWU, S. C. *et al.* Primordial initiation, yield and yield component traits of two genotypes of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) as affected by various rates of lime. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2022. DOI 10.1038/s41598-022-16833-9.

DEDOUSI, M.; MELANOURI, E. M.; DIAMANTOPOULOU, P. Carposome productivity of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* growing on agro-industrial residues enriched with nitrogen, calcium salts and oils. **Carbon Resources Conversion**, v. 6, n. 2, p. 150–165, 2023. ISSN 2588-9133. DOI 10.1016/j.crcon.2023.02.001.

DÉO, N.; FAUSTIN, K. Effect of substrates and doses of urea on growth and yield of an oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in greenhouse. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 3, n. August, p. 314–322, 2015. ISSN 2350-1561. DOI 10.15739/IJAPR.055.

DIAS, E. S. *et al.* Cultivo do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* em diferentes resíduos agrícolas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.6, p.1363-1369, nov./dez., 2003. DOI <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600022>.

DIAS, E. S.; BRITO, M. R. Mushrooms: Biology and Life Cycle. In: ZIED, D. C.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. United Kingdom: **Wiley Online Books**, 2017. cap. 3, p.15-33. DOI 10.1002/9781119149446.

DISSASA, G. Cultivation of different oyster mushroom (*Pleurotus* species) on coffee waste and determination of their relative biological efficiency and pectinase enzyme production, ethiopia. **International Journal of Microbiology**, v. 2022, 2022. DOI 10.1155/2022/5219939.

DUGGAR, B. M.; INDUSTRY, U. S. B. P. The Principles of Mushroom Growing and Mushroom Spawn Making. [s.l.] **U.S. Government Printing Office**, 1905. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/24909719>.

ELKANAH, F. A.; OKE, M. A.; ADEBAYO, E. A. Substrate composition effect on the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (MK751847) fruiting body. **Heliyon**, v. 8, n. 11, p. e11841, 2022. ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2022.e11841.

FAN, L. *et al.* Effect of caffeine and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. **Brazilian Journal of Microbiology**, 37:420-424, 2006. DOI 10.1590/S1517-83822006000400003.

GALIĆ, M. *et al.* Obtaining cellulose-available raw materials by pretreatment of common agro-forestry residues with *Pleurotus* spp. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, n. September, p. 1–10, 2021. DOI 10.3389/fbioe.2021.720473.

GRIENSVEN, L. J. L. D. VAN. The Cultivation of mushrooms. **1st English ed. Rustington, Sussex, England SE** - 515 pages : illustrations ; 25 cm: Darlington Mushroom Laboratories Rustington, Sussex, England, 1988. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=of_-QAAACAAJ.

GUNDOSHMIAN, T. M. *et al.* Modeling and optimization of the oyster mushroom growth using artificial neural network: Economic and environmental impacts. **Mathematical Biosciences and Engineering**, v. 19, n. 10, p. 9749–9768, 2022. ISSN 9749–9768. DOI 10.3934/mbe.2022453.

HE, D. C. *et al.* Biological control of plant diseases: an evolutionary and eco-economic consideration. **Pathogens**, v. 10, n. 10, 2021. ISSN 2076-0817. DOI 10.3390/pathogens10101311.

HIGGINS, C. *et al.* Mushroom cultivation in the developing world: a comparison of cultivation technologies. **GHTC 2017 - IEEE Global Humanitarian Technology Conference, Proceedings**, v. 2017- Janua, p. 1–7, 2017. DOI 10.1109/GHTC.2017.8239314.

HOSEINI, M. *et al.* Biomass and bioenergy coffee by-products derived resources . A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 148, n. January, p. 106009, 2021. ISSN 0961-9534. DOI 10.1016/j.biombioe.2021.106009.

HULTBERG, M. *et al.* Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust supplemented with anaerobic digestate. **Waste Management**, v. 155, n. October 2022, p. 1–7, 2023. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2022.10.025.

IOSSI, M. R. *et al.* Macromineral consumption by *Pleurotus ostreatus* var. Florida in different straws. **Archives of Biological Sciences**, v. 75, n. 1, p. 19–25, 2023. ISSN 0354-4664. DOI 10.2298/ABS221230002I.

JIMOH, M. A. *et al.* Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on agricultural wastes and effects on nutritional composition of the fruiting body. **International Journal of Vegetable Science**, v. 29, n. 4, p. 313–321, 2023. ISSN 1931-5279. DOI 10.1080/19315260.2023.2216684.

KENENI, A. Utilizing locally accessible substrate , to maximize oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) growth and bioconversion efficiency in ambo, central ethiopia. **Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences**, v. 5, n. 2, p. 68–77, 2023. ISSN 2687-3818. DOI

10.53663/turjfas.1256506.

KUMAR, S.; CHAND, G.; PATEL, D. K. Evaluation of different substrate supplements on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). **Indian Phytopathology**, v. 73, n. 4, p. 731–736, 2020. ISSN 2248-9800. DOI 10.1007/s42360-020-00252-9.

MAURYA, A. K. *et al.* Effect of media and substrates for spawn production of dhingri mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Natural Resource and Development**, v. 14, n. 2, p. 88–92, 2019. ISSN 0974-5033. DOI 10.13140/RG.2.2.21808.79362.

MAGALHÃES, A. C.; MOREIRA, B. R. D. A.; ZIED, D. C. Axenic cultivation of *Pleurotus ostreatus* Var. Florida in supplemented sugarcane bagasse briquettes. **Engenharia Agricola**, v. 38, n. 6, p. 835–843, 2018. ISSN 1809-4430. DOI 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p835-843/2018.

MASARIRAMBI, M. T.; MAMBA, M. B.; EARNSHAW, D. M. Effects of various substrates on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, p. 275–280, 2011. ISSN 2041-3890.

NAIM, L. *et al.* Production and composition of *Pleurotus ostreatus* cultivated on Lithovit®-Amino25 supplemented spent substrate. **AMB Express**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2020. ISSN 2191-0855. DOI 10.1186/s13568-020-01124-1.

NAM, W. L. *et al.* Production of bio-fertilizer from microwave vacuum pyrolysis of palm kernel shell for cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 9–16, 2018. ISSN 1879-1026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.12.108.

NAVARRO, M. J. *et al.* Agronomical valuation of a drip irrigation system in a commercial mushroom farm. **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. January, 2020. INSS 0304-4238. DOI 10.1016/j.scienta.2020.109234.

NUNES, M. D. *et al.* Nitrogen supplementation on the productivity and the chemical composition of oyster mushroom. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 2, p. 113–119, 2012. ISSN 1927-0887. DOI 10.5539/jfr.v1n2p113.

NUNES, M. D. *et al.* *Pleurotus ostreatus*, mushrooms production using quick and cheap methods and the challenges to the use of coffee husk as substrate. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 31, p. 1252–1258, 2017. ISSN 1996-0808. DOI 10.5897/AJMR2016.7942.

O'BRIEN, B. J. *et al.* Integrating anaerobic co-digestion of dairy manure and food waste with cultivation of edible mushrooms for nutrient recovery. **Bioresource Technology**, v. 285, n. April, p. 121312, 2019. ISSN 1873-2976. DOI 10.1016/j.biortech.2019.121312.

OGIDI, C. O. *et al.* Calcium bioaccumulation by *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus squarrosulus* cultivated on palm tree wastes supplemented with calcium-rich animal wastes or calcium salts. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, n. 8, p. 4235–4244, 2020. ISSN 4235–4244. DOI 10.1007/s12649-019-00760-4.

PARK, Y. J. *et al.* Efeito da adição de subprodutos do broto de feijão no crescimento de

Pleurotus ostreatus. **Journal of Mushroom**, 18(2):141-144, junho, 2020. ISSN 2288-8853. DOI 10.14480/JM.2020.18.2.141.

PAVLÍK, M. *et al.* Evaluation of the carbon dioxide production by fungi under different growing conditions. **Current Microbiology**, v. 77, n. 9, p. 2374–2384, 2020. ISSN 1432-0991. DOI 10.1007/s00284-020-02033-z.

PICORNELL-BUENDÍA, M. R.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; JUAN-VALERO, J. A. Agronomic qualitative viability of spent *Pleurotus* substrate and its mixture with wheat bran and a commercial supplement. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 5, p. 533–544, 2016. ISSN 1745-4557. DOI 10.1111/jfq.12216.

ROMERO-ARENAS, O. *et al.* Effect of pH on growth of the mycelium of *Trichoderma viride* and *Pleurotus ostreatus* in solid cultivation mediums. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 34, p. 4724–4730, 2012. ISSN 1991-637X. DOI 10.5897/ajar12.568.

SASSINE, Y. N. *et al.* The higher nitrogen content in the latter (46% N compared to 21% N in nano-urea) poses increasing risks of contamination of the substrate by competing fungi. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2021. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-021-85191-9.

SIANTURI, M.; BINTANG; SABRINA, T. Effect of giving triple super phosphate and dolomite fertilizer on mushroom media (baglog) on production of white oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 782, n. 4, 2021. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/782/4/042044.

SILVA, E. G. *et al.* Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 72–75, 2007. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612007000100013.

VIEIRA, W. G. *et al.* The application of the scratching technique has the same effect on *Pleurotus* spp.? **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, 2023. ISSN 1678-4324. DOI 10.1590/1678-4324-2023220736.

WACHIRA, J. W.; NGULUU, S.; KIMATU, J. Differential growth and productivity of oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) on agro-waste substrates in semi-arid regions of Kenya. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 375–383, 2022. ISSN 2251-7715. DOI 10.30486/ijrowa.2022.1931154.1252.

MAHARI, W. A. W. *et al.* A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, n. April, p. 123156, 2020. ISSN 1873-3336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123156.

CHANG, W. Y. Mycology in ancient China. **Topics in Catalysis**, v. 1, n. 2, p. 59–61, 1987. ISSN 0269-915x. DOI 10.1016/S0269-915X(87)80040-X.

ZIED, D. C. *et al.* Use of peanut waste for oyster mushroom substrate supplementation—oyster mushroom and peanut waste. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 4, p. 1021–1029, 2019. ISSN 1678-4405. DOI 10.1007/s42770-019-00130-1.

CAPÍTULO 2 – UTILIZAÇÃO DE PALHA DE FEIJÃO COMO SUBSTRATO PARA O CULTIVO AXÊNICO DE *Pleurotus ostreatus*

RESUMO

A composição química, qualidade nutricional e produtividade dos cogumelos dependem do substrato de cultivo, além das condições físico-químicas do ambiente de cultivo. Neste trabalho foi avaliado o potencial de utilização da palha de feijão como ingrediente único ou como suplemento em diferentes tipos de substratos de cultivo do cogumelo *Pleurotus ostreatus*. As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram: grama batatais (GB), palha de feijão (PF), bagaço de cana de açúcar (BC), feno de capim Coast-cross (CC), serragem de eucalipto (SE) e farelo de trigo (FT). Foram preparados seis tratamentos (T1: GB pura; T2: PF pura; T3: GB (90%) + PF (10%); T4: BC (45%) + CC (45%) + PF (10%); T5: BC (50%) + PF (50%); e T6: SE (80%) + FT (20%), sendo este último o tratamento controle. Todos os substratos foram suplementados com 3% de calcário e 3% de gesso. Dentre os resultados, a melhor produtividade e eficiência biológica foi encontrada no tratamento utilizando apenas palha de feijão como substrato, sem suplementação, a qual foi confirmada como excelente substrato para o cultivo do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e pode ser utilizada também como suplemento para agregar valor a diferentes tipos de substratos.

Palavras-chave: Palha de feijão; *Pleurotus ostreatus*; suplementação.

ABSTRACT

The chemical composition, nutritional quality and productivity of mushrooms depend on the cultivation substrate, in addition to the physical-chemical conditions of the cultivation environment. This study evaluated the potential use of bean straw as a single ingredient or as a supplement in different types of cultivation substrates for the mushroom *Pleurotus ostreatus*. The raw materials used in this study were: potato grass (GB), bean straw (PF), sugarcane bagasse (BC), Coast-cross hay (CC), eucalyptus sawdust (SE) and wheat bran (FT). Six treatments were prepared (T1: pure GB; T2: pure PF; T3: GB (90%) + PF (10%); T4: BC (45%) + CC (45%) + PF (10%); T5: BC (50%) + PF (50%); and T6: SE (80%) + FT (20%), the latter being the control treatment. All substrates were supplemented with 3% limestone and 3% gypsum. Among the results, the best productivity and biological efficiency was found in the treatment using only bean straw as substrate, without supplementation, which was confirmed as an excellent substrate for the cultivation of the mushroom *Pleurotus ostreatus* and can also be used as a supplement to add value to different types of substrates.

Keywords: bean straw; *Pleurotus ostreatus*; supplementation.

1. INTRODUÇÃO

Os cogumelos são fontes de proteína, com valores em torno de 3% em cogumelos frescos e 25-30% em cogumelos secos, além de vitaminas e minerais (Masarirambi *et al.*, 2011), além de vários compostos bioativos com propriedades nutracêuticas e medicinais (Chugh *et al.*, 2022). Possuem alto teor de aminoácidos essenciais, sendo uma fonte de alimento de fácil digestão e livres de colesterol. Suas substâncias bioativas auxiliam no sistema imunológico, melhorando a qualidade de vida. Além disso, o substrato pós cultivo do cogumelo pode ser reutilizado como alimento para animais, biofertilizantes e biogás (Keneni, 2023).

Os cogumelos *Pleurotus* spp. estão entre os mais cultivados no mundo, graças à sua facilidade do cultivo, podendo se adaptar a uma ampla faixa de temperatura, possuindo baixo custo de produção e alto rendimento (Wachira *et al.*, 2022; Jimoh *et al.*, 2023; Keneni, 2023;). A sua natureza saprofítica torna o fungo *P. ostreatus* muito versátil na sua capacidade de colonização de uma variedade de matérias-primas ricas em lignina e celulose, como as palhas oriundas da atividade agrícola, tais como trigo, arroz, milho e bagaço de cana. Além disso, podem ser cultivados com sucesso em diferentes tipos de serragem, além de uma variedade de gramíneas tais como braquiária, coast-cross e grama batatais (Siqueira *et al.*, 2011; Siqueira *et al.*, 2012; Keneni, 2023).

O desenvolvimento, produção e valor nutricional do cogumelo é influenciado pelo substrato que é utilizado, além das condições físico-químicas do ambiente. Geralmente os cogumelos *Pleurotus* crescem em substratos com maior relação C/N. Entretanto, é comumente necessário ajustar o teor de nitrogênio para se alcançar valores adequados de produtividade, principalmente quando se utiliza materiais muito pobres em nitrogênio, tais como serragem e bagaço de cana. Para isso, os suplementos mais utilizados são os farelos de trigo e de arroz, mas outros suplementos tais como torta de algodão e farelo de milho, entre outros, podem ser utilizados (Nunes *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2020). Porém, esses materiais representam um custo adicional no processo, por isso é preciso pensar em alternativas para o enriquecimento do substrato de cultivo desses cogumelos. Neste aspecto, deve-se buscar matérias-primas mais ricas em nitrogênio.

A palha de feijão é um subproduto agrícola que pode ser utilizado no cultivo de cogumelos. A natureza lignocelulósica deste subproduto faz com que a sua relação C/N esteja dentro da faixa adequada para o cultivo axênico deste cogumelo (Dias *et al.*, 2003; Figueiró e Graciolli, 2011). Entretanto, os teores de nitrogênio apresentados na literatura variam de 1,1 a 1,9%, provavelmente em função de variações das condições de cultivo, fertilidade do solo ou até de cultivares (Dias *et al.*, 2003; Figueiró e Graciolli, 2011; Dionízio *et al.*, 2019). Segundo

Dias *et al.* (2003), a palha de feijão pura apresentou maior produtividade do que a palha de milho pura, as quais apresentaram teores de nitrogênio de 1,46% e 0,58%, respectivamente. Segundo os mesmos autores, a suplementação da palha de feijão com 10% de farelo de trigo não proporcionou diferenças significativas de produtividade. A palha de feijão possui alta quantidade de nitrogênio disponível, tornando-a uma boa fonte de suplementação de nitrogênio nos substratos. Ela se refere ao resíduo oriundo da planta inteira, incluindo caule, ramos, folhas e remanescentes das vagens, após o processo de colheita e trilhagem do feijão. Jimoh *et al.* (2023) relataram a utilização, dentre outros materiais, da casca da vagem do feijão, a qual apresentou o segundo melhor resultado de produção do cogumelo, sendo superado apenas pela palha de arroz.

No presente trabalho foi avaliado o potencial da utilização da palha de feijão como suplemento em diferentes substratos utilizando resíduos agrícolas disponíveis, além da sua utilização como ingrediente único do substrato de cultivo do cogumelo *Pleurotus ostreatus*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Microrganismo, meios de cultura e inóculo (*Spawn*)

O fungo *Pleurotus ostreatus* utilizado neste estudo foi obtido da coleção do Laboratório de Cogumelos Comestíveis - Departamento de Biologia, na Universidade Federal de Lavras – (UFLA, MG). Para a manutenção do fungo em laboratório, foi utilizado o meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) em placas de Petri. Para o preparo do *Spawn* em potes de vidro, foram utilizados 800g de grãos de trigo, 30g de gesso, 30g de calcário dolomítico e 160g de vermiculita. À essa mistura, foi adicionado água na proporção de 1/3 do volume do substrato seco, protegendo a tampa com papel filtro e papel alumínio, prendendo com elásticos de borracha. Em seguida, os potes foram autoclavados à temperatura de 121°C por 2 horas, sendo repetido o processo após um intervalo de 24h. Após o resfriamento total do substrato, cada pote recebeu o micélio do fungo crescido em BDA e incubado a 25°C, até a completa colonização dos grãos (20 a 30 dias).

2.2. Preparo dos substratos

Os resíduos utilizados neste trabalho foram: grama batatais (*Paspalum notatum*) (GB), palha de feijão triturada (*Phaseolus vulgaris*), bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.)), serragem de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e farelo de trigo (*Triticum aestivum*). Os tratamentos foram montados conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Formulação dos substratos para o cultivo de *P. ostreatus*. Além das diferentes matérias-primas lignocelulósicas utilizadas, cada formulação foi suplementada com 3% de calcário e 3% de gesso.

Tratamentos	Formulação dos substratos
T1	GB pura
T2	PF pura
T3	GB (90%) + PF (10%)
T4	BC (45%) + CC (45%) + PF (10%)
T5	BC (50%) + PF (50%)
T6-C	SE (80%) + FT (20%)

GB: grama batatais; PF: palha de feijão; BC: bagaço de cana; CC: feno de coast-cross; SE: serragem; FT: farelo de trigo.

Fonte: do Autor (2025).

Os substratos foram acondicionados em sacos de polipropileno com capacidade para 2 kg e pasteurizados por 24h a 80°C, exceto o T6, o qual foi autoclavado por 2h a 121°C, uma vez que este é o controle. De cada formulação, foram separadas amostras de 100 g para determinação da matéria seca, após a secagem a 65°C por 48 horas. A determinação da porcentagem de matéria seca de cada tratamento é necessária para os cálculos posteriores de eficiência biológica.

2.3. Inoculação e crescimento micelial

Cada saco com substrato recebeu 30g de inoculante, o qual foi distribuído na parte superior do saco. Os sacos foram selados na parte superior, sendo a respiração possível em função da janela de troca gasosa presente em cada saco, suficiente para o crescimento micelial do fungo. Os sacos foram incubados a temperatura ambiente, até a completa colonização do substrato.

2.4. Indução da frutificação e colheita

Após a completa colonização, os sacos foram abertos apenas na parte superior e distribuídos aleatoriamente na sala de cultivo com umidade relativa do ar superior a 80% e à temperatura ambiente. Durante todo o período de frutificação, a temperatura mínima observada foi de 21°C e a máxima de 30°C. Para a manutenção da umidade relativa do ar foram utilizados bicos nebulizadores e o chão da sala foi mantido úmido durante todo o período de frutificação.

Após a primeira colheita, os sacos foram fechados novamente e incubados por 2 semanas. Quando novos primórdios foram formados, os sacos foram abertos mesmo antes de se completar o período de duas semanas de repouso.

Para o segundo fluxo de colheita, os sacos plásticos foram removidos, deixando o substrato completamente exposto para a frutificação. O plástico foi deixado apenas na base para proteção do bloco. Após o segundo fluxo, os blocos foram mantidos sempre úmidos até o terceiro fluxo e, depois, eliminados.

Todos os cogumelos colhidos foram pesados para determinação da produção e eficiência biológica, utilizando as fórmulas abaixo (Chang e Hayes, 1978; Dias *et al.*, 2003):

$$P (\%) = \frac{\text{Massafrescadecogumelos}(g)}{\text{Massaúmidadosubstratoinicial}(g) \times 100}$$

$$EB (\%) = \frac{\text{Massafrescadecogumelos}(g)}{\text{Massasecadosubstratoinicial}(g) \times 100}$$

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições. Para a análise estatística, após a análise de variância, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os substratos avaliados para a produção do cogumelo *Pleurotus ostreatus*, a palha de feijão pura apresentou os melhores resultados de produtividade e de eficiência biológica (Tabela 7), corroborando os resultados relatados por Dias *et al.* (2003) no cultivo de *P. sajor-caju*. Carvalho *et al.* (2010), em sua revisão, também relataram que dentre os trabalhos apresentados, a palha de feijão foi o único substrato que apresentou alta eficiência biológica, quando utilizado sem suplementação. Semelhantemente, Siqueira *et al.* (2012) relataram ótimos resultados com o substrato utilizando apenas palha de feijão compostada para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus pulmonarius*, superiore, inclusive, ao de outros substratos que incluíram a palha de feijão como suplemento proteico. Portanto, a palha de feijão apresenta excelentes propriedades, tanto nutricionais como físico-químicas, em especial, de porosidade, que a tornam uma excelente matéria-prima para a composição do substrato de cultivo de cogumelos.

Tabela 7 – Resultados da produtividade (P) e eficiência biológica (EB) de *Pleurotus ostreatus* nos diferentes tratamentos puros e enriquecidos.

Tratamento	P (%)	EB (%)
T1 – GB	8,92 c	29,7
T2 – PF	25,76 a	73,58
T3 – GB + PF	18,22 b	61,20
T4 – BC + CC + PF	20,62 b	58,92
T5 – BC + PF	17,92 b	51,1
T6 – SE + FT	16,06 b	45,9

GB: grama batatais; PF: palha de feijão; BC: bagaço de cana; CC: feno de coast-cross; S: serragem; FT: farelo de trigo. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do Autor (2025).

De modo geral, observa-se que várias gramíneas podem ser utilizadas com sucesso no cultivo dos cogumelos *Pleurotus* (Bernardi *et al.*, 2019; Jimoh *et al.*, 2023). Entretanto, no presente trabalho os menores valores de eficiência biológica e produtividade foram observados no substrato à base de grama batatais pura, ao contrário do que foi observado por Siqueira *et al.* (2012). Segundo os autores, a grama batatais é uma gramínea rica em proteína e pode ser utilizada como ingrediente único, sem a necessidade de combinação com outros ingredientes. Apesar dos ótimos resultados obtidos por Siqueira *et al.* (2012), observou-se no presente trabalho que a grama batatais tende a se aglomerar, dificultando a porosidade do substrato. Neste contexto, para a sua utilização como substrato para o cultivo de cogumelos, este problema pode ser amenizado ao se utilizar a gramínea em um ponto de maior maturação quando o capim poderia apresentar menor teor de proteína, porém, mais fibrosa e, portanto, gerando um substrato mais poroso, favorecendo a manutenção da aeração do substrato durante a colonização e frutificação do cogumelo.

Quando a grama batatais foi suplementada com 10% de palha de feijão, observou-se um grande aumento na produtividade, passando de 8,9%, quando utilizada pura, para 18,2%, quando combinada com a palha de feijão. Provavelmente, este aumento não esteja associado ao aumento do teor de nitrogênio, uma vez que a GB já é muito rica, mas, a uma melhor estrutura do substrato, proporcionada pela adição da PF. Resultados semelhantes foram observados para dois outros tratamentos nos quais adicionou-se PF, com a obtenção de 20,6 e 17,9% de P para os tratamentos T4 e T5, respectivamente (Tabela 7). No caso desses dois substratos, nos quais se utilizou BC, é provável que o efeito tenha ocorrido em função também do enriquecimento do substrato com nitrogênio, uma vez que o BC e o CC já favorecem uma boa estrutura para o

substrato. Para o T4, o teor de nitrogênio é garantido tanto pela inclusão de CC como de PF, enquanto que no T5, foi necessária uma inclusão de PF na proporção de 50%, uma vez que o teor de nitrogênio do BC é muito baixa.

Todos os resultados acima apresentados corroboram como a PF pode ser utilizada para agregar qualidade ao substrato de cultivo dos cogumelos *Pleurotus*. É importante observar que os resultados obtidos com essas diferentes formulações podem variar muito em função do sistema de preparo do substrato. Os excelentes resultados relatados por Siqueira *et al.* (2012) com a GB pura foram obtidos a partir de substratos axênicos, obtidos por autoclavagem, enquanto que para o presente trabalho, o substrato de cultivo foi obtido por compostagem e pasteurização a vapor. Siqueira *et al.* (2012) também relataram a utilização da compostagem para a produção do substrato à base de grama batatais, colmo de milho e palha de feijão, o qual resultou em produtividade de 21,2%.

É comum a utilização de algum tipo de farelo para suplementar o substrato utilizado, principalmente quando se utiliza matérias-primas muito pobres em nitrogênio, tais como serragem e bagaço de cana. Por isso, utilizou-se como controle neste estudo o substrato à base de serragem de eucalipto suplementada com 20% de farelo de trigo, o qual é considerado um substrato clássico no cultivo axênico de cogumelos *Pleurotus*, apresentando uma produtividade de 16,1%. Os resultados obtidos para este tratamento não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) dos tratamentos T3, T4 e T5, sendo inferior apenas ao substrato à base de PF e superior apenas ao substrato à base de GB pura. Esses resultados demonstram que a PF pode ser utilizada como suplemento em diferentes tipos de substratos, tanto na agregação nutricional na forma de nitrogênio, como na agregação de propriedades físico-químicas, em especial, de porosidade.

Apesar disso, deve-se considerar que outros resíduos lignocelulósicos clássicos tais como palha de trigo e palha de arroz, permanecem como matérias-primas de referência para o cultivo de cogumelos. Os resultados relatados por Wachira *et al.* (2022) com a palha de feijão pura para o cultivo de *P. pulmonarius* foram similares aos obtidos no presente trabalho. Entretanto, os autores relataram uma maior produtividade quando utilizaram a palha de arroz pura para o cultivo deste cogumelo. Evidentemente, diferenças entre linhagens e, principalmente, entre espécies de *Pleurotus* podem resultar em respostas muito diferentes de produção também, bem como o modo de preparo do substrato, se foi autoclavado, pasteurizado ou compostado. Mesmo com todas essas diferenças, a palha de feijão tem sido um ingrediente valioso quando se trabalha com resíduos lignocelulósicos pobres em nitrogênio, tais como o bagaço de cana, conforme observado no presente trabalho e outros tipos de materiais, também sendo relatado por Castro *et al.* (2007).

Segundo Dias *et al.* (2003), a PF pura utilizada no cultivo do cogumelo apresentava um teor de 1,46% de nitrogênio, o que dispensaria a necessidade de suplementação desta matéria-prima. No mesmo estudo, os autores relataram que a PF enriquecida com farelo de trigo não resultou em aumento significativo da produção de cogumelos, corroborando a informação de que esta matéria-prima, de fato, não necessita de suplementação para o cultivo dos cogumelos *Pleurotus*. Entretanto, é importante ressaltar que o teor de nitrogênio dos resíduos lignocelulósicos pode variar muito em função das condições de cultivo, tais como manejo de adubação e até mesmo época do ano.

Portanto, a combinação de diferentes resíduos é uma das principais estratégias para a redução dos custos na produção de cogumelos, uma vez que é possível eliminar o uso de suplementos na forma de farelos e até mesmo calcário e gesso, diminuindo o custo do substrato para o produtor, assim como a sua mão de obra.

4. CONCLUSÃO

A palha de feijão pura é um excelente substrato para o cultivo do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e pode ser utilizada também em combinação com outros ingredientes para agregar valor a diferentes tipos de substratos.

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, E. *et al.* Productivity, biological efficiency and bromatological composition of *Pleurotus sajor-caju* growth on different substrates in Brazil. **Agriculture and Natural Resources**, 53(2), 99–105, 2019. ISSN 2452-316X. DOI 10.34044/j.anres.2019.53.2.02.
- BONATTI, M. *et al.* Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chem.** 88(3):425–428, 2004. DOI 10.1016/j.foodchem.2004.01.050
- CARVALHO, C. S. M., SALES-CAMPOS, C., e ANDRADE, M. C. N. Mushrooms of the *Pleurotus* genus: A review of cultivation techniques. **Interciencia**, 35(3), 177–182, 2010. ISSN 0378-1844.
- CASTRO, A.L.A. *et al.* Avaliação da produção de *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer utilizando resíduo do beneficiamento têxtil do algodão como substrato. **Ciênc. Agrotecnol.** 31: 1286-1290, 2007. DOI 10.1590/s1413-70542007000500002.
- CHANG, S. T.; HAYES, W. A. The biology and cultivation of edible mushrooms. **New York: Academic Press.** p. 819 , 1978. DOI 10.1016/C2013-0-10484-9.
- DIAS, E. S. *et al.* Cultivo do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* em diferentes resíduos agrícolas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.6, p.1363-1369, nov./dez., 2003. DOI 10.1590/S1413-70542003000600022
- JIMOH, M. A. *et al.* **International Journal of Vegetable Science**, v. 29, n. 4, p. 313–321, 2023. ISSN 1931-5279. DOI 10.1080/19315260.2023.2216684.
- KENENI, A. Utilizing locally accessible substrate , to maximize oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) growth and bioconversion efficiency in ambo, central ethiopia. **Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences**, v. 5, n. 2, p. 68–77, 2023. ISSN 2687-3818. DOI 10.53663/turjfas.1256506.
- MASARIRAMBI, M. T.; MAMBA, M. B.; EARNSHAW, D. M. Effects of various substrates on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, p. 275–280, 2011. ISSN 2041-3890.
- MONDAL, S.R. *et al.* Comparative study on growth and yield performance evaluation of oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on different substrates. **J. Bangladesh Agril. Univ.** 8(2), 213–220, 2010. ISSN 1810-3030. DOI 10.3329/jbau.v8i2.7928.
- PARK, Y. J. *et al.* Efeito da adição de subprodutos do broto de feijão no crescimento de *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Mushroom**, 18(2):141-144, junho, 2020. ISSN 2288-8853. DOI 10.14480/JM.2020.18.2.141.
- SILVA, E. G. *et al.* Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 72–75, 2007. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612007000100013.

SIQUEIRA, F.G. *et al.* Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* on banana stalk and Bahia grass based substrates. **Horticultura Brasileira** 29: 199-204, 2011. ISSN 01020536. DOI 10.1590/S0102-05362011000200011.

SIQUEIRA, F.G. *et al.* Cultivation of *Pleurotus* mushrooms in substrates obtained by short composting and steam pasteurization. **African Journal of Biotechnology**, 11(53): 11630-11635, 2012. ISSN 1684–5315. DOI 10.5897//AJB12.451.

WACHIRA, J. W.; NGULUU, S.; KIMATU, J. Differential growth and productivity of oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) on agro-waste substrates in semi-arid regions of Kenya. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 375–383, 2022. ISSN 2251-7715. DOI 10.30486/ijrowa.2022.1931154.1252.

CAPÍTULO 3 – UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DO CAFÉ COMO SUBSTRATO PARA O CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de café, sendo responsável por cerca de 1/3 da produção mundial. Minas Gerais responde por cerca de 50% da produção nacional, com uma previsão de 27,5 milhões de sacas para 2023. Em função disso, há também uma produção enorme de resíduos oriundos da atividade cafeeira, em especial a casca de café oriunda do processamento a seco, que inclui exocarpo e pergaminho. Além desses, o processo de despulpamento via úmida gera a casca pura e, posteriormente, o pergaminho. O Sul de Minas está inserido neste contexto, gerando uma quantidade enorme desses resíduos. Tomando como base 18% de subprodutos em relação ao café em coco, o Sul de Minas deve gerar em 2024 cerca de 140 mil toneladas de casca e pergaminho. Considerando o constante crescimento da produção de cogumelos no Brasil, não se pode ignorar a disposição desses resíduos como ingredientes nas formulações dos substratos de cultivo de cogumelos. O problema é que a casca de café apresenta propriedades antinutricionais ou inibitórias do crescimento micelial de muitos fungos, o que restringe a sua utilização para este propósito. Para contornar este problema, autores propõem que a casca de café seja fervida para inativar ou para diluir esses compostos. Entretanto, esta estratégia não é viável para sistemas de produção em larga escala. Em função disso, este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes procedimentos para a utilização dos resíduos da atividade cafeeira para a produção de cogumelos *Pleurotus*. Diferentes abordagens foram utilizadas, desde o cultivo axênico até o cultivo em substratos compostados, em diferentes proporções de casca de café e pergaminho. Como controle, foram utilizadas formulações de substrato conhecidas por apresentar ótimos rendimentos de produção. Os resultados obtidos demonstraram que, para os substratos axênicos, pode-se utilizar até 50% de casca de café bruta, porém, a deformação dos basidiomas foi observada. Por outro lado, para os substratos compostados, os melhores resultados foram obtidos com um máximo de 20% de casca de café. Com respeito ao pergaminho, observou-se que este subproduto pode ser utilizado puro, com ótima produção de cogumelos, porém o pergaminho puro apresenta baixa compactação, fazendo com que o substrato se desagregue rapidamente após o primeiro fluxo de produção.

Palavras-chave: casca de café; pergaminho; *Pleurotus ostreatus*.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's largest coffee producers, accounting for approximately 1/3 of global production. Minas Gerais accounts for approximately 50% of national production, with a forecast of 27.5 million bags for 2023. As a result, there is also a huge production of waste from coffee production, especially coffee husks from dry processing, which includes exocarp and parchment. In addition to these, the wet pulping process generates pure husk and, subsequently, parchment. The South of Minas Gerais is included in this context, generating a huge amount of waste. Taking as a basis 18% of by-products in relation to coffee in coconut, the South of Minas Gerais is expected to generate approximately 140 thousand tons of husk and parchment in 2024. Considering the constant growth of mushroom production in Brazil, the disposal of this waste as ingredients in the formulations of mushroom cultivation substrates cannot be ignored. The problem is that coffee husks have antinutritional or mycelial growth inhibitory properties for many fungi, which restricts their use for this purpose. To overcome this problem, the authors propose that coffee husks be boiled to inactivate or dilute these compounds. However, this strategy is not viable for large-scale production systems. Therefore, this study aimed to evaluate different procedures for using coffee waste for the production of *Pleurotus* mushrooms. Different approaches were used, from axenic cultivation to cultivation in composted substrates, in different proportions of coffee husks and parchment. As a control, substrate formulations known to present excellent production yields were used. The results obtained demonstrated that, for axenic substrates, up to 50% of raw coffee husks can be used, however, deformation of the basidioma was observed. On the other hand, for composted substrates, the best results were obtained with a maximum of 20% of coffee husks. With respect to parchment, it was observed that this by-product can be used pure, with excellent mushroom production, however pure parchment presents low compaction, causing the substrate to disintegrate quickly after the first production flow.

Keywords: coffee husk; parchment; *Pleurotus ostreatus*.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura gera grandes volumes de resíduos lignocelulósicos, os quais nem sempre tem uma destinação adequada ou nobre, em especial nos países em desenvolvimento. Apesar disso, a tendência é de que essas matérias-primas sejam consideradas não mais como resíduos, mas como subprodutos das atividades desenvolvidas. Desta forma, a serragem gerada pela indústria madeireira, assim como o bagaço de cana, já tem sido utilizada como combustível para aquecimento ou para fins industriais. A casca de café, por sua vez, vem sendo utilizada no processo de compostagem, entretanto, segundo relato de produtores, quando utilizada pura, o composto gera um grande volume de efluente, conhecido como chorume, em função da fermentação intensa da casca. Provavelmente, a formação deste excesso de chorume seja decorrente do processo de oxidação dos compostos fenólicos (Brito e Rangel, 2008), os quais são abundantes na casca de café (Ameca *et al.*, 2018).

Apesar disso, diante da premente necessidade de garantir a segurança alimentar nos países em desenvolvimento, não se deve omitir a grande necessidade de se destinar pelo menos parte dos grandes volumes de biomassa vegetal na bioconversão, visando a produção de alimentos. Neste contexto, a utilização dessas matérias-primas para o cultivo de cogumelos seria uma das melhores alternativas para a produção de alimento de forma competitiva e eficaz.

Dentre as diversas atividades agrícolas desenvolvidas no mundo, a cafeicultura gera cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos de café anualmente, sendo o Brasil o maior produtor mundial de café, juntamente com Vietnã e Colômbia (Catarina *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2017; Akcay *et al.*, 2023). Toda essa biomassa gerada a partir da atividade cafeeira pode ser utilizada no cultivo de cogumelos, dentre eles os cogumelos *Pleurotus* (Carrasco-Cabrera *et al.*, 2019; Akcay *et al.*, 2023).

Os resíduos cafeeiros são ricos em tanino, cafeína e compostos fenólicos (Ameca *et al.*, 2018), fazendo com que se tornem um problema ambiental se não forem manejados de forma adequada. Antes, esses resíduos eram amontoados nas fazendas podendo gerar problemas, mas, atualmente, os mesmos têm sido devolvidos para a lavoura de forma direta ou após passarem pelo processo de compostagem, o qual apresenta a vantagem de gerar um produto mais estável. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, a compostagem da casca de café pura gera grande volume de chorume, o que pode ser um problema também se houver a infiltração do mesmo no solo.

O cultivo de cogumelos é uma das alternativas para que os constituintes tóxicos da casca de café, como a cafeína, taninos e polifenóis, sejam reduzidos a níveis toleráveis, transformando esses resíduos em biomassa de alto valor econômico. Ao final do ciclo de cultivo dos

cogumelos, os substratos pós cultivo, conhecidos como SMS (*spent mushroom substrate*) podem ser ainda utilizados como fertilizantes orgânicos, condicionadores de solo ou ainda como suplemento na alimentação animal (Carrasco-Cabrera *et al.*, 2019; Dissasa, 2022).

Há vários relatos acerca da utilização da casca de café para o cultivo de cogumelos no Brasil e no mundo, porém percebe-se que a presença de compostos tóxicos ou anti nutricionais limita a sua utilização nas formulações de substrato, em função dos seus efeitos inibitórios sobre o crescimento dos fungos (Catarina *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2017). Neste contexto, apesar de vários trabalhos relatarem a possibilidade de utilização da casca de café no cultivo de cogumelos, o problema da presença desses compostos não é devidamente abordada. Possivelmente, ocorre uma falha inclusive na descrição correta dos resíduos utilizados como matérias-primas na composição do substrato de cultivo, uma vez que há uma grande diferença de composição química entre eles. Por isso, alguns desses resíduos, como o pergaminho, podem ser utilizados puros ou em maior proporção no substrato de cultivo, enquanto outros, como a casca de café, deve ser utilizada em menor proporção.

Logo, dada a sua abundância no Brasil e à importância da sua exploração, este trabalho teve como objetivo otimizar a utilização da casca de café e do pergaminho como ingredientes nas formulações de substratos para o cultivo do cogumelo *Pleurotus ostreatus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Microrganismo, meios de cultura e *Spawn*

O fungo *Pleurotus ostreatus* utilizado neste estudo foi reativado a partir da coleção do Laboratório de Cogumelos Comestíveis - Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Lavras – (UFLA, MG). Para a manutenção do fungo em laboratório, foi utilizado o meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) em placas de Petri. Para o preparo do inóculo (*Spawn*), foi utilizado substrato à base de grãos de trigo (800g de grãos de trigo, 140g de vermiculita, 30g de gesso e 30g de calcário dolomítico). O substrato seco foi acondicionado em potes de vidro, utilizando apenas metade da capacidade do pote. A água foi adicionada à mistura na proporção de 1/3 do volume do substrato seco. Os potes foram protegidos com papel filtro e papel alumínio, prendendo com elásticos de borracha e, em seguida, autoclavados a 121°C por 2 horas. Após um intervalo de 24h, o processo de autoclavagem foi repetido nas mesmas condições. Assim que o substrato resfriou até atingir a temperatura ambiente, cada pote foi inoculado com o micélio do fungo cultivado nas placas de Petri e incubado a 25°C, até a completa colonização dos grãos (20 a 30 dias).

2.2. Preparo dos substratos

2.2.1. Cultivo axênico de *P. ostreatus* em substratos com diferentes proporções de casca de café

O substrato foi preparado à base de bagaço de cana suplementada com casca de café: T1- 25%; T2- 50%; T3- 75%; T4- 100% (Tabela 8). Os ingredientes foram misturados e a umidade ajustada para 65%. Todos os tratamentos receberam 3% de calcário e 3% de gesso. Os substratos foram acondicionados em sacos PEAD (2 kg por saco) com janela de troca gasosa e autoclavados duas vezes a 121°C por 2h. Após o resfriamento, os sacos foram inoculados com 30g do inóculo na parte superior do saco. Após a colonização do substrato, os sacos foram abertos e mantidos em sala de cultivo com umidade relativa do ar superior a 80% e temperatura de 25°C±5.

Tabela 8 – Tratamentos e porcentagens das suplementações de casca de café no substrato à base de bagaço de cana. Todos os tratamentos foram enriquecidos com 3% de calcário e 3% de gesso.

Tratamentos	Proporções de casca de café
T1	25%
T2	50%
T3	75%
T4	100%

Fonte: do Autor (2025).

2.2.2. Cultivo de *P. ostreatus* em substrato tratado por imersão alcalina

Para este experimento foi utilizada a formulação com 75% de bagaço de cana e 25% de casca de café, sem a suplementação com calcário e gesso. Após a mistura dos ingredientes, o substrato foi imerso em solução de cal 1%. Lotes de substrato foram retirados após diferentes períodos de imersão: 4, 6, 8, 10 e 12h (Tabela 9). Todos os lotes foram transferidos para caixas vazadas e drenados por 24h. Para este ensaio, o inóculo foi misturado em todo o substrato antes do mesmo ser acondicionado nos sacos PEAD, utilizando uma proporção de 3% de inóculo. Todos os demais procedimentos de inoculação, colonização e produção foram conduzidos conforme descrito anteriormente.

Tabela 9 – Tempo de imersão do substrato à base de bagaço de cana (75%) e casca de café (25%) em solução de cal 1%.

Tratamentos	Tempos de imersão (horas)
T1	4
T2	6
T3	8
T4	10
T5	12

Fonte: do Autor (2025).

2.2.3. Cultivo axênico de *P. ostreatus* em substrato à base de pergaminho

O pergaminho foi pesado em 4 lotes, de acordo com os tratamentos. Cada lote foi imerso em água durante 2h e então transferido para caixas vazadas e drenados por 24h. Após a drenagem, cada lote recebeu a suplementação com 10% de farelo, de acordo com os tratamentos, conforme demonstrado na tabela 10. Os substratos foram acondicionados em sacos PEAD (1,5 kg por saco) e autoclavados duas vezes a 121°C por 2h. As condições de cultivo seguiram os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

Tabela 10 – Substrato à base de pergaminho, suplementado com diferentes tipos de farelos e submetido ao tratamento alcalino.

Tratamentos	Pergaminho (90%) + farelo (10%)
T1	Farelo de trigo
T2	Farelo de arroz
T3	Fubá
T4	Controle (Pergaminho 100%)

Fonte: do Autor (2025).

2.2.4. Cultivo de *P. ostreatus* em substrato compostado à base de bagaço de cana e casca de café

Os substratos utilizados neste trabalho foram constituídos de bagaço de cana de açúcar (BC) como ingrediente principal, o qual foi suplementado com casca de café (CC) em diferentes proporções conforme descrito na Tabela 11. Todos os tratamentos receberam 3% de calcário e 3% de gesso, os quais foram adicionados após a mistura dos ingredientes principais e a umidade foi ajustada para cerca de 65%. Os substratos foram compostados por 7 dias, sendo revirados a cada dois dias. Ao final do processo de compostagem, os substratos foram pasteurizados a 60°C por 24h. Após o resfriamento até a temperatura ambiente, os substratos foram inoculados,

misturando-se o inóculo em todo o substrato, na proporção de 3% e então acondicionados em sacos PEAD, com capacidade para 2 Kg. De cada tratamento, foram recolhidos 100 gramas, os quais foram desidratados a 65°C por 48 horas e pesados para determinação da porcentagem de matéria seca de cada tratamento para os cálculos posteriores de eficiência biológica. Os mesmos procedimentos descritos anteriormente foram utilizados para o cultivo do cogumelo.

Tabela 11 – Formulações do substrato compostado à base de bagaço de cana e casca de café, para cultivo de *P. ostreatus*. Todos os tratamentos receberam 3% de calcário e 3% de gesso.

Tratamentos	Proporções de casca de café (%)
T1	10
T2	20
T3	30
T4	40

Fonte: do Autor (2025).

Todos os cogumelos colhidos foram pesados para determinação da produtividade e eficiência biológica, utilizando as fórmulas abaixo (Chang e Hayes, 1978; Dias *et al.*, 2003):

$$P (\%) = \frac{\text{Massafrescadecogumelos}(g)}{\text{Massaúmidadosubstratoinicial}(g) \times 100}$$

$$EB (\%) = \frac{\text{Massafrescadecogumelos}(g)}{\text{Massasecadosubstratoinicial}(g) \times 100}$$

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação entre as médias após a análise de variância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cultivo axênico de *P. ostreatus* com diferentes proporções de casca de café

A casca de café apresenta um teor de nitrogênio muito alto (Dias *et al.*, 2003), acima do nível ideal para o cultivo de cogumelos que se caracterizam como fungos decompositores primários, como é o caso do gênero *Pleurotus*. Em função disso, a casca de café não deve ser utilizada como ingrediente único na formulação do substrato de cultivo de cogumelos. Além

disso, sabe-se que a casca de café é rica em cafeína e taninos, cuja presença pode apresentar um efeito inibitório sobre o crescimento micelial (Dias *et al.*, 2003; Hoseini *et al.*, 2021). Em função disso, conduziu-se este ensaio preliminar, em condições axênicas para avaliar a capacidade de colonização do *P. ostreatus* e do seu desempenho de produção de cogumelos no substrato com maior teor de casca de café na sua composição. Conforme também já relatado por Dias *et al.* (2003), para o substrato com 100% CC, a colonização não se completou. E, para o tratamento com 75% CC, observou-se um menor desempenho na produção de cogumelos (Tabela 12), indicando que, acima de 50%, mesmo que a colonização ocorra, a produção de cogumelos pode ser menor. Segundo Silva *et al.* (2007), o teor de nitrogênio no substrato acima de 1,5% apresenta um efeito negativo sobre a produção do cogumelo *P. pulmonarius*. Portanto, é possível que este comportamento aconteça também com outras espécies do gênero. Para a utilização de 75% CC, considerando os valores apresentados por Dias *et al.* (2003), o substrato apresentaria um teor de nitrogênio acima de 1,7%. Entretanto, deve-se considerar que os teores de proteína bruta da casca relatados na literatura podem variar muito. Dentre os trabalhos analisados, foram relatados valores discrepantes, desde valores baixos (7,96 e 8,3% PB), como valores intermediários (9,55 PB), além de valores mais elevados (13,37% e 10,99% PB) (Souza *et al.*, 2001; Leitão *et al.*, 2005; Rego *et al.*, 2019; Hernández *et al.*, 2022). Portanto, parte desses valores de proteína bruta correspondem a teores de nitrogênio de 1,27 a 1,33% N, os quais estão na faixa considerada adequada para o cultivo dos *Pleurotus*, de modo que, neste caso, a casca de café poderia ser utilizada pura, considerando apenas o aspecto do teor de N. O valor intermediário corresponde a 1,5% N, o qual já está no limiar do que se considera mais adequado para os *Pleurotus*. Por fim, os valores mais elevados correspondem a 1,76 e 2,14% N, os quais já estão acima dos valores ideais. Portanto, as discrepâncias de resultados entre os vários trabalhos utilizando casca de café para o cultivo de cogumelos pode estar relacionada com as diferenças nas suas composições de proteína bruta. Entretanto, é importante enfatizar que Silva *et al.* (2007) utilizaram ureia como fonte de nitrogênio, de modo que o efeito do nitrogênio adicionado na sua forma mineral pode ser diferente do nitrogênio orgânico presente no substrato. Portanto, novos trabalhos devem ser feitos para se elucidar o efeito do enriquecimento do substrato de cultivo com fontes de nitrogênio, levando-se em consideração a diferença entre fontes orgânicas e fontes inorgânicas de nitrogênio. Além disso, considerando que foram utilizados tratamentos com intervalos muito grandes em termos de proporção de casca de café, novos estudos serão necessários, testando níveis intermediários de casca de café entre 20 e 50%.

Tabela 12 – Desempenho do cogumelo *P. ostreatus* em substrato à base de bagaço de cana suplementada com diferentes proporções de casca de café (CC), em cultivo axênico.

Tratamento	P (%)
T1- 25%	9,2
T2- 50%	13,8
T3- 75%	7,5
T4- 100%	-

Médias seguidas da mesma letra/número não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do Autor (2025).

Um aspecto muito importante foi a formação de cogumelos deformados no substrato com proporção de casca de café a partir de 50%, porém este fenômeno não é discutido na literatura. Portanto, não se sabe se a deformação ocorre em função da presença de cafeína, tanino ou outros compostos fenólicos.

3.2. Cultivo de *P. ostreatus* em substrato tratado por imersão alcalina

O sucesso da utilização da casca de café para o cultivo de cogumelos está normalmente associado ou a um tratamento de imersão em água quente ou ao tratamento de imersão em água alcalina. Por isso, avaliou-se também o efeito do tempo de imersão em solução de cal 1% em função do tempo de imersão, cujos resultados estão apresentados na Tabela 13. Normalmente, os ensaios de imersão alcalina são conduzidos em períodos curtos, que variam de 20 minutos até 4h (Contreras *et al.*, 2004; Nunes *et al.*, 2017; Iossi *et al.*, 2018). Em função disso, avaliou-se períodos mais longos de imersão do substrato na solução de cal. Entretanto, os resultados demonstraram que não há vantagem em se utilizar períodos mais prolongados de imersão alcalina, uma vez que não foram observadas diferenças significativas entre os períodos de 4 a 12h de imersão. A dificuldade observada para a imersão alcalina é, na verdade, a eliminação do excesso de umidade, o que demanda um tempo longo de drenagem. Se isso não for feito, o substrato fica encharcado, promovendo condições de anaerobiose e, por fim, interrupção da colonização do substrato. Um exemplo é mostrado no trabalho de Fan *et al.* (2000), que ao utilizarem casca de café, observaram que houve uma regressão do crescimento micelial do fungo após 20 dias de crescimento, à medida que a umidade aumentava com o tempo de crescimento do micélio, não havendo produção de cogumelos.

Apesar de não ser observado diferenças significativas entre os tempos de imersão alcalina, os resultados de produtividade foram superiores aos encontrados no cultivo axênico, utilizando-se a mesma proporção de casca de café. Diferenças de resultados de produção muitas vezes ocorrem em função de variáveis não controladas nos experimentos agrônômicos. Contudo, pode-se supor que a imersão alcalina amenizou também os problemas dos compostos inibitórios presentes na casca de café, conforme discutido anteriormente.

Portanto, diante dos resultados obtidos, a imersão alcalina mostrou-se uma boa alternativa para o tratamento sanitário do substrato de cultivo do *P. ostreatus*, utilizando a casca de café em combinação com o bagaço de cana.

Tabela 13 – Desempenho do cogumelo *P. ostreatus* em substrato à base de bagaço de cana suplementado com 25% de casca de café tratado por imersão alcalina em diferentes tempos de imersão em solução de cal 1%.

Tratamento	P(%)
T1 - 4h	14,5
T2 - 6h	14,2
T3 - 8h	16,4
T4 - 10h	15,3
T5 - 12h	13,2

Médias seguidas da mesma letra/número não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do Autor (2025).

Nunes *et al.* (2017) relataram uma EB de 40,3% de *P. ostreatus*, utilizando substrato à base de casca de café suplementada com 10% de farelo de trigo. O substrato foi submetido ao tratamento alcalino, com tempo de imersão de 4h em solução de cal 2%. O mesmo substrato submetido a autoclavagem a 121°C por 1h apresentou o pior resultado, com 0,5% de EB. Esses resultados demonstraram que um importante efeito da imersão do substrato é a lavagem dele, que possibilita a eliminação de grande parte da cafeína presente no substrato, uma vez que ela é altamente solúvel, além de outros possíveis compostos que podem agir como inibidores do crescimento micelial. Curiosamente, Fan *et al.* (2006) relataram sucesso na utilização da casca sem necessidade de pré-tratamento para o cultivo de duas espécies de *Pleurotus*. Esses resultados são muito contraditórios, por isso indicam grandes variações na composição do resíduo conhecido como casca de café. Uma das possibilidades pode ser a mistura da casca de café bruta oriunda do processamento a seco com o pergaminho. Se isso ocorre, a mistura ganha

muito em qualidade, uma vez que o pergaminho é um substrato muito mais puro em termos de composição lignocelulósica.

Por outro lado, um aspecto curioso do trabalho de Nunes *et al.* (2017) é que o substrato foi suplementado com farelo de trigo, o que não seria recomendado, uma vez que a casca de café é muito rica em proteína, apresentando um teor de nitrogênio muito elevado. Apesar disso, o substrato suplementado com farelo de trigo apresentou bons resultados de produtividade. Para os substratos submetidos a imersão alcalina, normalmente não se recomenda a suplementação com farelos ou calcário, uma vez que grande parte desses suplementos será perdida durante a drenagem do substrato. Portanto, é possível que parte dos nutrientes do farelo de trigo, além da própria casca de café, tenha sido perdida, eliminando também o excesso de nitrogênio.

Apesar dos bons resultados obtidos pelo tratamento de imersão alcalina, a grande limitação deste processo está no volume de substrato a ser tratado, uma vez que, para produção em larga escala, seria necessário usar também containers grandes o suficiente para viabilizar o processo. Além disso, o volume de efluente gerado seria também muito grande, sendo considerado um passivo ambiental gerado pelo processo. Por isso, trata-se de uma estratégia desenvolvida para microprodutores.

3.3. Cultivo axênico de *P. ostreatus* em substrato à base de pergaminho

Além da casca de café obtida a partir do processamento do café via seca, muitas fazendas utilizam o processamento via úmida, no qual o café é despolpado logo após a colheita, sem passar pelo processo de secagem no terreiro. Quando este processo é utilizado, o grão de café permanece revestido pelo pergaminho, sendo removido apenas mais tarde. O pergaminho é um material mais limpo e mais pobre em nitrogênio e, dada também a sua abundância, merece ser estudado à parte. Por isso, foi conduzido um ensaio no qual o pergaminho foi avaliado em função da sua suplementação com diferentes tipos de farelos, cujos resultados estão apresentados na Tabela 14. Apesar do pergaminho apresentar um teor de nitrogênio em torno de 0,7%, não se observou um efeito positivo da sua suplementação com nenhum tipo de farelo, uma vez que o pergaminho puro apresentou desempenho semelhante aos tratamentos suplementados. Dissasa (2022) relatou a utilização de substrato à base de pergaminho, o qual foi suplementado com esterco bovino como fonte de nitrogênio, com EB de 39,1% para o substrato não compostado e de 55,3% para o substrato compostado, no cultivo de *P. ostreatus*. Segundo relatado pelos autores, os dois substratos (compostado e não compostado) foram autoclavados. Portanto, o pergaminho suplementado com esterco bovino apresentou maior eficiência biológica quando compostado.

Tabela 14 – Desempenho do cogumelo *P. ostreatus* em substrato à base de pergaminho em função da suplementação com diferentes tipos de farelos, em cultivo axênico. T1: farelo de trigo; T2: farelo de arroz; T3: fubá; T4: pergaminho puro.

Tratamento	P(%)
T1	13,2
T2	17,0
T3	15,1
T4	16,7

Médias seguidas da mesma letra/número não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do Autor (2025).

3.4. Cultivo de *P. ostreatus* em substrato compostado à base de bagaço de cana e casca de café

Em todos os experimentos com casca de café, além dos problemas de colonização nos substratos com maior teor de casca, observou-se elevados índices de contaminação (Nunes *et al.*, 2017). Isso ocorre naturalmente em função da elevada carga microbiana que a casca de café adquire durante a secagem dos grãos no terreiro, graças à sua rica constituição química, inclusive de muitos açúcares solúveis. Diante deste problema, a compostagem do substrato à base da casca de café é uma alternativa mais viável, uma vez que a compostagem tem a vantagem de tornar o substrato mais estável, com menor teor de açúcares solúveis (Dissasa, 2022). Além disso, a sucessão microbiana durante a compostagem promove a colonização do substrato por uma comunidade de termófilos, os quais tornam o substrato menos favorável ao crescimento de contaminantes após o processo. Com isso, foi conduzido também um experimento utilizando a compostagem curta, seguida de pasteurização a vapor, utilizando diferentes proporções de casca de café.

Para todos os substratos com as diferentes proporções de casca de café (CC) ocorreu a colonização completa do substrato. Nos ensaios preliminares com o substrato axênico (Tabela 15), observou-se que no substrato com 100% de CC, a colonização do substrato não foi completa. Este problema de colonização do substrato à base de casca de café pura já havia sido relatado por Dias *et al.* (2003), provavelmente em função de problemas de aeração do substrato e pela presença de compostos inibitórios para o fungo. À medida que a colonização prossegue, o substrato vai tornando-se com aspecto oleoso e com excesso de umidade. Em função dessas observações, estabeleceu-se para este trabalho a utilização de proporções de casca de café

chegando até 40%. Além disso, observa-se que, para a compostagem, a utilização de formulações mais ricas em nitrogênio resulta também em maior produção de amônia, o que se torna também um problema depois para a colonização do substrato (Dias *et al.*, 2003).

Tabela 15 – Produção do cogumelo *Pleurotus ostreatus* em substrato à base de bagaço de cana (BC) com diferentes proporções de casca de café (CC).

Tratamento	EB (%)	P (%)
T1- 10%	65,7	23,03 a2
T2- 20%	78,0	27,30 a1
T3- 30%	21,8	7,65 a3
T4- 40%	26,2	9,19 a3

Médias seguidas da mesma letra/número não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do Autor (2025).

Apesar de não se ter observado problemas de colonização do substrato mesmo na maior proporção de casca de café no substrato (40%), ficou evidente que a produção de cogumelos foi afetada pela maior concentração de casca de café, conforme os resultados apresentados na Tabela 15. Neste caso, mesmo na maior proporção utilizada, o teor de nitrogênio estava dentro dos limites relatados por Silva *et al.* (2007), de modo que outros fatores devem estar envolvidos na menor produção de cogumelos. Uma das possibilidades poderia ser a geração de mais amônia nos tratamentos com mais casca de café. Normalmente, a presença de amônia inibe o crescimento micelial do fungo, o que poderia resultar no comprometimento da colonização do substrato. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, não se observou problemas na colonização de nenhum dos substratos. Por outro lado, o aumento da proporção de casca de café pode influenciar no aumento de compostos tóxicos, podendo influenciar no desenvolvimento do fungo. Isto pôde ser observado nos estudos de Chai *et al.* (2021), os quais relataram a inibição da frutificação de duas espécies de *Pleurotus* quando se utilizou 30 e 40% de borra de café no substrato de cultivo.

Os resultados obtidos indicam que, para a utilização da compostagem na obtenção do substrato de cultivo de *P. ostreatus*, a proporção de casca de café deve ser menor do que quando se utiliza a estratégia do cultivo axênico. Entretanto, não se sabe se isso decorre do processo de compostagem como um fator negativo, ou do processo de autoclavagem para o cultivo axênico, como um fator positivo. Portanto, novos estudos serão necessários para avaliar essas variáveis.

4. CONCLUSÕES

O tratamento de imersão alcalina é um processo com potencial de utilização por microprodutores de cogumelos, usando cal a 1% e 4h de tempo de imersão.

O pergaminho puro é um bom substrato para cultivo de *P. ostreatus*, entretanto, a combinação com outros ingredientes pode ser utilizada para melhorar a compactação do substrato.

Para a estratégia de compostagem, a casca de café deve ser usada na proporção de 20% em associação ao bagaço de cana para se alcançar maior produtividade e eficiência biológica.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-QADER, Z. M. *et al.* Effect of different organic nitrogen sources nutrition on production, a some of the chemical composition and storageability of *Pleurotus ostreatus*. **Plant Archives**, v. 19, n. 1, p. 941–948, 2019. ISSN 0972-5210. DOI 10.5555/20209904198.
- ABOU FAYSSAL, S. *et al.* Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value. **PLoS ONE**, v. 16, n. 9, p. 1–18, 2021. DOI 10.1371/journal.pone.0255794.
- AKCAY, C.; CEYLAN, F.; ARSLAN, R. Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials and FTIR characterization of structural changes. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1–13, 2023. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-023-40200-x.
- ALBERTIA, M. M. *et al.* Technologic development on pleurotus cultivation: specific practices used in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, p. 1–10, 2021. ISSN 1678-4324. DOI 10.1590/1678-4324-2021200198.
- AMECA, G.M. *et al.* Chemical composition and antioxidant capacity of coffee pulp. **Ciência e Agrotecnologia**, 42(3):307-313, 2018. DOI 10.1590/1413-70542018423000818.
- BACH, F. *et al.* Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 2382–2392, 2017. DOI 10.1111/ijfs.13522.
- BALLESTEROS, L. F.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 12, p. 3493–3503, 2014. DOI 10.1007/s11947-014-1349-z.
- BELLETTINI, M. B. *et al.* Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633–646, 2019. DOI 10.1016/j.sjbs.2016.12.005.
- BITEW, T.D.; MANDEFRO, S. A. Substrate optimization for cultivation of *Pleurotus ostreatus* on lignocellulosic wastes (coffee, sawdust, and sugarcane bagasse) in Mizan–Tepi University, Tepi Campus, Tepi Town. **J App Biol Biotech**. 2018;6(04):14-20. DOI 10.7324/JABB.2018.60403.
- BRITO, J.M; RANGEL, M.C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. **Quim. Nova**, Vol. 31, No. 1, 114-122, 2008. DOI 10.1590/S0100-40422008000100023.
- CALDAS, L. A.; ZIED, D. C.; SARTORELLI, P. Dereplication of extracts from nutraceutical mushrooms *Pleurotus* using molecular network approach. **Food Chemistry**, v. 370, n. August 2021, p. 131019, 2022. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.131019.
- CALLOW, E.; ASSOCIATION, M. G. Observations on the methods now in use for the artificial growth of mushrooms: with a full explanation of an improved mode of culture, by which a most abundant supply can be procured and continued through-out every month in the year, with a degree of cert. [s.l.] **Mushroom Growers' Association of Great Britain and**

Northern Ireland, 1965.

CARRASCO-CABRERA, C. P.; BELL, T. L.; KERTESZ, M. A. Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, n. 14, p. 5831–5841, 2019. DOI 10.1007/s00253-019-09883-z.

CARRASCO, J. *et al.* Biotechnological requirements for the commercial cultivation of macrofungi: substrate and casing layer. p. 159–175, 2018. DOI 10.1007/978-3-030-02622-6_7.

CARRASCO, J. *et al.* Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. **AMB Express**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2018. DOI 10.1186/s13568-018-0678-0.

CATARINA, M. *et al.* Production of selenium-enriched mushrooms in coffee husks and use of this colonized residue. [s.l.] **Elsevier Inc.**, 2015. DOI 10.1016/B978-0-12-409517-5.00033-4.

CHAI, W. Y. *et al.* Assessment of coffee waste in formulation of substrate for oyster mushrooms *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus floridanus*. **Future Foods**, v. 4, n. August, p. 100075, 2021. ISSN 2666-8335. DOI 10.1016/j.fufo.2021.100075.

CHUKWU, S. C. *et al.* Primordial initiation, yield and yield component traits of two genotypes of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) as affected by various rates of lime. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2022. DOI 10.1038/s41598-022-16833-9.

CONTRERAS, E. P. *et al.* Soaking of substrate in alkaline water as a pretreatment for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 79(2), 234–240, 2004. DOI 10.1080/14620316.2004.11511754.

DEDOUSI, M.; MELANOURI, E. M.; DIAMANTOPOULOU, P. Carposome productivity of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* growing on agro-industrial residues enriched with nitrogen, calcium salts and oils. **Carbon Resources Conversion**, v. 6, n. 2, p. 150–165, 2023. ISSN 2588-9133. DOI 10.1016/j.crcon.2023.02.001.

DÉO, N.; FAUSTIN, K. Effect of substrates and doses of urea on growth and yield of an oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in greenhouse. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 3, n. August, p. 314–322, 2015. ISSN 2350-1561. DOI 10.15739/IJAPR.055.

DIAS, E. S. *et al.* Cultivo do cogumelo *Pleurotus sajor-caju* em diferentes resíduos agrícolas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.6, p.1363-1369, nov./dez., 2003. DOI 10.1590/S1413-70542003000600022.

DISSASA, G. Cultivation of different oyster mushroom (*Pleurotus* species) on coffee waste and determination of their relative biological efficiency and pectinase enzyme production, ethiopia. **International Journal of Microbiology**, v. 2022, 2022. DOI 10.1155/2022/5219939.

DUGGAR, B. M.; INDUSTRY, U. S. B. P. The Principles of Mushroom Growing and

Mushroom Spawn Making. [s.l.] **U.S. Government Printing Office**, 1905. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/24909719>.

ELKANAH, F. A.; OKE, M. A.; ADEBAYO, E. A. Substrate composition effect on the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (MK751847) fruiting body. **Heliyon**, v. 8, n. 11, p. e11841, 2022. ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2022.e11841.

FAN, L. *et al.* Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Solid State Fermentation. **Acta Biotechnol.** 20 (2000) 1, 41-52. DOI 10.1002/abio.370200108.

GALIĆ, M. *et al.* Obtaining cellulose-available raw materials by pretreatment of common agro-forestry residues with *Pleurotus* spp. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, n. September, p. 1–10, 2021. DOI 10.3389/fbioe.2021.720473.

GRIENSVEN, L. J. L. D. VAN. The Cultivation of mushrooms. **1st English ed. Rustington, Sussex, England SE** - 515 pages : illustrations ; 25 cm: Darlington Mushroom Laboratories Rustington, Sussex, England, 1988. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=of_-QAAACAAJ.

GUNDOSHMIAN, T. M. *et al.* Modeling and optimization of the oyster mushroom growth using artificial neural network: Economic and environmental impacts. **Mathematical Biosciences and Engineering**, v. 19, n. 10, p. 9749–9768, 2022. ISSN 9749–9768. DOI 10.3934/mbe.2022453.

HE, D. C. *et al.* Biological control of plant diseases: an evolutionary and eco-economic consideration. **Pathogens**, v. 10, n. 10, 2021. ISSN 2076-0817. DOI 10.3390/pathogens10101311.

HERNÁNDEZ, M.V.R. *et al.* Physicochemical, functional and flow properties of a coffee husk flour. **CIENCIA ergo-sum**, [S.l.], v. 30, n. 3, oct. 2022. ISSN 2395-8782. DOI 10.30878/ces.v30n3a7.

HIGGINS, C. *et al.* Mushroom cultivation in the developing world: a comparison of cultivation technologies. **GHTC 2017 - IEEE Global Humanitarian Technology Conference, Proceedings**, v. 2017- Janua, p. 1–7, 2017. DOI 10.1109/GHTC.2017.8239314.

HOSEINI, M. *et al.* Biomass and bioenergy coffee by-products derived resources . A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 148, n. January, p. 106009, 2021. ISSN 0961-9534. DOI 10.1016/j.biombioe.2021.106009.

HULTBERG, M. *et al.* Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on sawdust supplemented with anaerobic digestate. **Waste Management**, v. 155, n. October 2022, p. 1–7, 2023. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2022.10.025.

IOSSI, M. R. *et al.* Macromineral consumption by *Pleurotus ostreatus* var. Florida in different straws. **Archives of Biological Sciences**, v. 75, n. 1, p. 19–25, 2023. ISSN 0354-4664. DOI 10.2298/ABS221230002I.

JIMOH, M. A. *et al.* Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on agricultural wastes and effects on

nutritional composition of the fruiting body. **International Journal of Vegetable Science**, v. 29, n. 4, p. 313–321, 2023. ISSN 1931-5279. DOI 10.1080/19315260.2023.2216684.

KENENI, A. Utilizing locally accessible substrate , to maximize oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) growth and bioconversion efficiency in ambo, central ethiopia. **Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences**, v. 5, n. 2, p. 68–77, 2023. ISSN 2687-3818. DOI 10.53663/turjfas.1256506.

KUMAR, S.; CHAND, G.; PATEL, D. K. Evaluation of different substrate supplements on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). **Indian Phytopathology**, v. 73, n. 4, p. 731–736, 2020. ISSN 2248-9800. DOI 10.1007/s42360-020-00252-9.

LEITÃO, R.A. *et al.* Valor nutritivo da casca de café (*Coffea arabica* L.) tratada com hidróxido de sódio e/ou uréia suplementada com feno de alfafa (medicago sativa L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 (1): 31-36, 2005.

MAURYA, A. K. *et al.* Effect of media and substrates for spawn production of dhingri mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Natural Resource and Development**, v. 14, n. 2, p. 88–92, 2019. ISSN 0974-5033. DOI 10.13140/RG.2.2.21808.79362.

MAGALHÃES, A. C.; MOREIRA, B. R. D. A.; ZIED, D. C. Axenic cultivation of *Pleurotus ostreatus* Var. Florida in supplemented sugarcane bagasse briquettes. **Engenharia Agricola**, v. 38, n. 6, p. 835–843, 2018. ISSN 1809-4430. DOI 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p835-843/2018.

MASARIRAMBI, M. T.; MAMBA, M. B.; EARNSHAW, D. M. Effects of various substrates on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, p. 275–280, 2011. ISSN 2041-3890.

NAIM, L. *et al.* Production and composition of *Pleurotus ostreatus* cultivated on Lithovit®-Amino25 supplemented spent substrate. **AMB Express**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2020. ISSN 2191-0855. DOI 10.1186/s13568-020-01124-1.

NAM, W. L. *et al.* Production of bio-fertilizer from microwave vacuum pyrolysis of palm kernel shell for cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 9–16, 2018. ISSN 1879-1026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.12.108.

NAVARRO, M. J. *et al.* Agronomical valuation of a drip irrigation system in a commercial mushroom farm. **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. January, 2020. INSS 0304-4238. DOI 10.1016/j.scienta.2020.109234.

NUNES, M. D. *et al.* Nitrogen supplementation on the productivity and the chemical composition of oyster mushroom. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 2, p. 113–119, 2012. ISSN 1927-0887. DOI 10.5539/jfr.v1n2p113.

NUNES, M. D. *et al.* *Pleurotus ostreatus*, mushrooms production using quick and cheap methods and the challenges to the use of coffee husk as substrate. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 31, p. 1252–1258, 2017. ISSN 1996-0808. DOI 10.5897/AJMR2016.7942.

O'BRIEN, B. J. *et al.* Integrating anaerobic co-digestion of dairy manure and food waste with cultivation of edible mushrooms for nutrient recovery. **Bioresource Technology**, v. 285, n. April, p. 121312, 2019. ISSN 1873-2976. DOI 10.1016/j.biortech.2019.121312.

OGIDI, C. O. *et al.* Calcium bioaccumulation by *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus squarrosulus* cultivated on palm tree wastes supplemented with calcium-rich animal wastes or calcium salts. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, n. 8, p. 4235–4244, 2020. ISSN 4235–4244. DOI 10.1007/s12649-019-00760-4.

PARK, Y. J. *et al.* Efeito da adição de subprodutos do broto de feijão no crescimento de *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Mushroom**, 18(2):141-144, junho, 2020. ISSN 2288-8853. DOI 10.14480/JM.2020.18.2.141.

PAVLÍK, M. *et al.* Evaluation of the carbon dioxide production by fungi under different growing conditions. **Current Microbiology**, v. 77, n. 9, p. 2374–2384, 2020. ISSN 1432-0991. DOI 10.1007/s00284-020-02033-z.

PICORNELL-BUENDÍA, M. R.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; JUAN-VALERO, J. A. Agronomic qualitative viability of spent *Pleurotus* substrate and its mixture with wheat bran and a commercial supplement. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 5, p. 533–544, 2016. ISSN 1745-4557. DOI 10.1111/jfq.12216.

REGO, F.C. *et al.* Nutrient intake and apparent digestibility coefficient of lambs fed with coffee husk in replacement of oat hay. **Ciência Rural**, v. 49:01, e20180515, 2019. ISSN e1678-4596. DOI 10.1590/0103-8478cr20180515.

ROMERO-ARENAS, O. *et al.* Effect of pH on growth of the mycelium of *Trichoderma viride* and *Pleurotus ostreatus* in solid cultivation mediums. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 34, p. 4724–4730, 2012. ISSN 1991-637X. DOI 10.5897/ajar12.568.

SASSINE, Y. N. *et al.* Nano urea effects on *Pleurotus ostreatus* nutritional value depending on the dose and timing of application. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2021. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-021-85191-9.

SIANTURI, M.; BINTANG; SABRINA, T. Effect of giving triple super phosphate and dolomite fertilizer on mushroom media (baglog) on production of white oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 782, n. 4, 2021. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/782/4/042044.

SILVA, E. G. *et al.* Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 72–75, 2007. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612007000100013.

SOUZA, A.L. *et al.* Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Rev. bras. zootec.**, 30(3):983-991, 2001.

VIEIRA, W. G. *et al.* The application of the scratching technique has the same effect on *Pleurotus* spp.? **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, 2023. ISSN 1678-4324. DOI 10.1590/1678-4324-2023220736.

WACHIRA, J. W.; NGULUU, S.; KIMATU, J. Differential growth and productivity of oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) on agro-waste substrates in semi-arid regions of Kenya. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 375–383, 2022. ISSN 2251-7715. DOI 10.30486/ijrowa.2022.1931154.1252.

MAHARI, W. A. W. *et al.* A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 400, n. April, p. 123156, 2020. ISSN 1873-3336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123156.

CHANG, W. Y. Mycology in ancient China. **Topics in Catalysis**, v. 1, n. 2, p. 59–61, 1987. ISSN 0269-915x. DOI 10.1016/S0269-915X(87)80040-X.

ZIED, D. C. *et al.* Use of peanut waste for oyster mushroom substrate supplementation—oyster mushroom and peanut waste. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 4, p. 1021–1029, 2019. ISSN 1678-4405. DOI 10.1007/s42770-019-00130-1.

ZIED, D. C.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. [*s.l.*: *s.n.*], 2019. DOI 10.1002/9781119149446.