



TATIANA SILVEIRA JUNQUEIRA DE MORAES

CULTIVO DO COGUMELO COMESTÍVEL SHIITAKE (*Lentinula edodes*) EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATO

**LAVRAS - MG
2022**

TATIANA SILVEIRA JUNQUEIRA DE MORAES

CULTIVO DO COGUMELO COMESTÍVEL SHIITAKE (*Lentinula edodes*) EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Nutrição, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Carolina Valeriano de Carvalho
Orientadora

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias
Coorientador

**LAVRAS - MG
2022**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	7
Figura 2	11
Figura 3	12
Figura 4	14
Figura5	14
Figura 6	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	9
Tabela 2	10
Tabela 3	16
Tabela 4	17
Tabela 5	21
Tabela 6	23

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake).....	7
2.2 Potencialidades do cogumelo <i>L.edodes</i>	8
2.3 Cultivo de <i>L. edodes</i>	9
2.4 Condições para o cultivo de <i>L.edodes</i>	10
2.5 Métodos de cultivo de <i>L. edodes</i>	11
2.6 Insumos para cultivo de <i>L. edodes</i>	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Produção do inoculante.....	16
3.2 Preparo dos substratos.....	16
3.2.1 Preparo do substrato para o teste de diferentes tipos de farelos (ensaio 1).....	16
3.2.2 Preparo do substrato para o teste de níveis de farelo de soja (ensaio 2).....	17
3.3 Matéria seca do substrato e pH.....	18
3.4 Velocidade de colonização.....	18
3.5 Parâmetros agronômicos.....	18
3.5.1 Massa média dos basidiomas frescos e número de cogumelos.....	18
3.5.2 Produtividade e eficiência biológica.....	18
3.5.3 Eficiência Biológica (EB).....	18
3.6 Análises estatísticas.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Cultivo do shiitake em substratos com diferentes tipos e concentrações de farelos.....	20
4.2 Produtividade do cogumelo shiitake em função do teor de farelo de soja.....	22
CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cogumelo comestível *Lentinula edodes*, conhecido como Shiitake, está entre os mais consumidos no mundo. Possui propriedades nutricionais e medicinais conhecidas, além das excelentes qualidades organolépticas e, por isso, seu consumo vem aumentando nas últimas décadas, inclusive no Brasil. Por essa razão, tem aumentado também o interesse em pesquisas com o objetivo de otimizar sua produção, já que pode responder a diferentes formulações de substratos e condições de cultivo diferenciadas.

O shiitake pode ser cultivado em troncos de árvores de diversas espécies, entretanto, a forma preferida atualmente é o cultivo axênico em substrato autoclavado à base de serragem enriquecida com algum tipo de farelo. Porém, a produção pode responder de forma diferente às condições do substrato e do ambiente, quando submetidas ao sistema axênico. Algumas linhagens podem responder melhor a substratos mais ricos em comparação a outras linhagens.

De igual forma, há linhagens que respondem melhor a ambientes controlados, enquanto outras são mais indicadas para ambientes pouco controlados. Pode-se dizer, portanto, que o sucesso na produção do shiitake está relacionado a fatores como: linhagem utilizada, tipo de cultivo (cultivo em toras ou cultivo axênico), condições de cultivo (controlado ou não controlado) e a formulação de substrato utilizado para a produção.

O substrato de cultivo tem como ingrediente básico a serragem de eucalipto, o que deveria torná-lo de baixo custo, em função da utilização de um subproduto da indústria madeireira abundante no Brasil e de baixo custo. Entretanto, a serragem pura é muito pobre nutricionalmente para garantir elevada produção de cogumelos. Em função disso, é necessário suplementar o substrato com algum tipo de farelo (farelos de trigo, arroz, soja, etc). Por isso, é importante otimizar a utilização desses suplementos, além da importância de se poder utilizar diferentes suplementos, mas que sejam igualmente eficientes na produção de cogumelos. Essa versatilidade pode permitir que o produtor de substrato adéque a sua formulação à disponibilidade do suplemento na sua região e que possa ser adquirido com menor custo.

Portanto, quanto mais simples o manejo, mais barato será todo o processo. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade de *Lentinula edodes* em função de diferentes tipos de farelos, em diferentes combinações ou concentrações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Lentinula edodes* (Shiitake)

O cogumelo comestível *Lentinula edodes* (figura 1), pertencente ao filo Basidiomycota, ordem Agaricales, família Tricholomataceae, é um fungo de podridão branca, que cresce sobre a madeira, como saprófita, degradando celulose, hemicelulose e lignina. Conhecido popularmente no Brasil como shiitake é um dos mais populares e cultivados cogumelos do mundo. Sua popularidade se deve tanto às características relacionadas ao sabor agradável quanto às suas propriedades medicinais. Os cogumelos com essas características apresentam compostos como polissacarídeos, e entre estes as β -glucanas, que possuem atividade antitumoral, antiviral e antitrombocítica (CHEN et al., 2016; YANG et al., 2017; KWON et al., 2016; SEABRA, 2015).

O basidiocarpo desta espécie possui estrutura composta por píleo (também conhecido como chapéu), sendo que esta abriga em sua parte inferior o himênio, neste caso, do tipo lamelar. É no himênio que se encontram os esporos sexuais. O estipe, também conhecido como pé é a estrutura que suporta o píleo. O shiitake possui píleo em forma convexa, circular ou reniforme, com 5 a 15 cm de diâmetro e de bordos ondulados na maturidade; com coloração da epiderme superior variando de ocre a marrom escuro. O estipe varia de 3 a 7 cm de comprimento, é cilíndrico e possui de 8 a 15 cm de diâmetro, com lamelas aderidas (CUNHA, 2009).

A estrutura conhecida como cogumelo é, na verdade, o corpo de frutificação do fungo. Sua parte vegetativa se encontra na forma de hifas, que, em conjunto, formam o chamado micélio. Este se ramifica através do solo, composto, toras de madeira ou qualquer estrutura lignocelulósica na qual o microrganismo estiver crescendo. O corpo de frutificação aparece após um período de crescimento e sob condições favoráveis, quando o micélio maduro produz, então, o que chamamos de cogumelo (MILES, CHANG, 2004).

Figura 1 - *L. edodes* (Shiitake)



São inúmeras as potencialidades do

Fonte: Do autor (2020)

shiitake, e entre elas, podemos citar suas características nutricionais e medicinais. Nutricionalmente, são descritos como alimentos com elevado nível de água e carboidratos, fontes de fibras, vitaminas, como tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina, ácido ascórbico (vitamina C), ergosterol (precursor da vitamina D), ácido pantotênico (vitamina A), vitaminas E, B6 e B12, minerais, como zinco, cálcio, fósforo, ferro, sódio, cobre, magnésio e potássio, além de apresentar baixo teor lipídico e atividade antioxidante, e valor calórico baixo (CRAVO, 2014; SOUZA, 2016).

Segundo Furlani e Godoy (2007), o teor de proteínas no shiitake varia entre 17,97 e 20,48%; de carboidratos entre 66,57 e 70,69%; a quantidade de fibras está no intervalo entre 37,26 e 47,60%; o teor de vitamina C varia entre 5,50 e 9,74%; o teor de fósforo está entre 60,4 e 111,1%; e o de lipídeos, de 2,44 a 6,29%. Estas características são desejáveis, visto que atualmente a crescente preocupação com a alimentação saudável tem levado os consumidores a optar por alimentos naturais, com elevados teores de nutrientes.

2.2 Cultivo de *L. edodes*

Acredita-se que o cultivo do shiitake foi introduzido no Japão a partir da China, aproximadamente 400 a 500 anos após seu cultivo neste país. O primeiro livro publicado sobre este cogumelo data de 1796 e foi intitulado “O Registro de Jingshiang”. O termo “Jingshiang” refere-se ao método de bater toras de madeira para induzir a frutificação, chamado de choque (MILES e CHANG, 2004).

Segundo Miles e Chang (2004), o cultivo de *L. edodes* teve início na China, mais precisamente em Lung-Chyuan, Qing-Yuan, e Jiing-Ning, na província de Zhejiang entre 1000 e 1100 d.C. Atualmente, há um interesse de outros países no cultivo desse cogumelo, além de estudo de novas técnicas de cultivo e produção, devido ao aumento do interesse de consumidores atraídos por sua alegação de alimento saudável. O histórico do cultivo de *L. edodes* em substrato sintético está representado na tabela 1.

Tabela 1 -Histórico do cultivo de *L. edodes*

Histórico do cultivo de <i>L. edodes</i>		
Cultivo em substratos sintéticos		
País	Período	Método
China	1958	Em garrafas
Taiwan	1967	Em bolsas plásticas
China	1979	Em tijolos
China	1986	Em toras artificiais
Austrália e EUA	1989	Em blocos plásticos

Fonte: Adaptado de Miles e Chang (2004)

No Brasil, o cultivo de shiitake teve seu início na década de 90 e estima-se que sua produção seja superior a 200 t/ano, sendo a técnica mais utilizada o cultivo em toras de eucalipto (PASCHOLATI et al, 2014).

O shiitake se apresenta como bom aliado na dieta humana e pode ser cultivado de diversas formas, como: toras de madeira ou de forma axênica (FREDERICO et al., 2002).

O cultivo axênico foi desenvolvido utilizando-se uma mistura de serragem combinada a vários ingredientes, em condições controladas. Essa técnica é caracterizada pela esterilização do substrato em embalagens resistentes ao calor, seguida da inoculação (MONTINI, 2001).

O cultivo axênico do shiitake apresenta uma série de vantagens, entre elas: menor tempo de produção devido ao aumento na eficiência biológica e da produtividade, de acordo com Eira e Montini (1997) *apud* Frederico et al. (2002). Em ambas as formas de cultivo (em toras ou axênico), o fungo passa pelos mesmos estágios de crescimento: inoculação, incubação, indução, frutificação e repouso. A tabela 2 apresenta um exemplo de manejo no cultivo axênico de *L. edodes*.

Tabela 2 - Exemplo de manejo no cultivo axênico de Shiitake, adaptado de Oei (2003).

Fase de cultivo	Duração (dias)	Temperatura (°C)	UR do ar (%)
Incubação	30 a 120	20 a 30	65 a 70
Indução	2 a 4	10 a 20	85 a 96
Frutificação	7 a 14	12 a 18*	60 a 80
Repouso	2 a 4	10 a 20	65 a 70

Fonte:FungoShop

*A temperatura de frutificação varia de acordo com a linhagem

Por ser um fungo lignolítico, pode ser cultivado em uma grande variedade de resíduos agrícolas, já que utiliza muitos compostos lignocelulósicos neles presentes (celulose, hemicelulose e lignina) como fonte de carbono e nutrientes. Alguns exemplos de substratos utilizados no cultivo de shiitake são: bagaço de cana, bainha mediana de palmito, suplementos como farelo de arroz, farelo de soja, melão de cana e bagaço de mandioca (ROSSI et al., 2001; TONINI et al., 2007).

2.3 Condições para o cultivo de *L.edodes*

O cultivo de cogumelos comestíveis requer conhecimento acerca de sua genética, fisiologia e requerimentos nutricionais, desde a fase de colonização até a formação dos primórdios. Nesse ponto em particular, as condições ambientais desempenham papel fundamental para a produtividade, influenciando todo o processo de cultivo (ZERVAKIS et al., 2001). Nesse sentido,

pode-se dizer que condições ótimas para o crescimento, colonização e conseqüentemente, produtividade mais rápida têm importância também econômica para o produtor.

A temperatura ideal para seu cultivo varia de acordo com a linhagem, e se encontra no intervalo entre 10 e 30 °C. A umidade relativa deve ficar acima de 90%, para que ocorra a formação dos primórdios. Abaixo deste valor, pode ocorrer aborto dos primórdios, acarretando na perda de produtividade. Após a formação dos primórdios, a umidade relativa deve ficar entre 60 e 80%. O pH do substrato para o cultivo do Shiitake deve ficar entre 4,5 e 5,5 (ZERVAKIS et al., 2001; MILES e CHANG, 2004).

A temperatura ideal para o cultivo de *L. edodes* é linhagem-dependente, ou seja, para cada linhagem existe uma temperatura ótima. Porém, de acordo com Athayde et al. (2011), em seu estudo sobre a influência da temperatura no crescimento de shiitake, a temperatura de 25 °C foi mais favorável para o crescimento micelial de todas as dez linhagens de *L. edodes* estudadas.

Maciel (2012) observou que a velocidade de crescimento micelial de *L. edodes* é inversamente proporcional ao valor do pH. A elevação do pH pode interferir na fixação de fósforo pelo micélio do fungo, causando assim efeitos adversos sobre a produtividade (ANDRADE e GRACIOLLI, 2005 *apud* MACIEL, 2012).

2.4 Métodos de cultivo de *L. edodes*

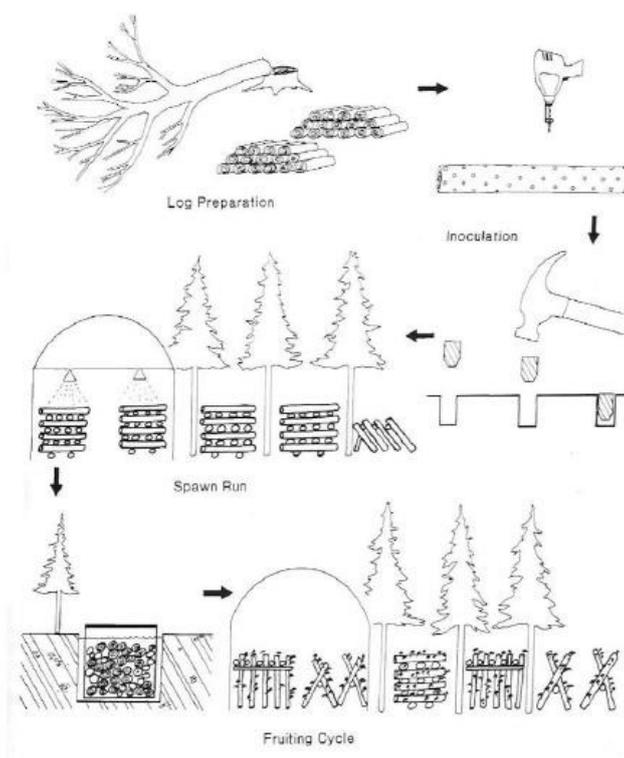
Os métodos de cultivo mais empregados para o shiitake são toras e substratos axênicos, à base de serragem enriquecida com farelos, que podem variar de acordo com a região. Para esse cultivo, há que se considerar aspectos importantes, como o crescimento eficiente do micélio do cogumelo no substrato, a disponibilidade e facilidade de preparação do substrato. Outros fatores que precisam ser observados são os nutrientes do substrato, a temperatura, o pH, a umidade, a aeração e disponibilidade de luz.

De acordo com Miles e Chang (2014), o cultivo em toras foi desenvolvido na China e introduzido no Japão 500 anos mais tarde, onde foi desenvolvido e melhorado posteriormente. A produção nesse país passou então a produção da China, onde alguns anos depois, foi desenvolvido o método de cultivo utilizando serragem, fazendo com que o país voltasse a ser o maior produtor do cogumelo, ultrapassando o Japão.

No Brasil, o cultivo em toras é feito em espécies de Eucalipto e consiste em fazer furos na tora, normalmente com profundidade de 2 cm por 1,2 cm de diâmetro, para que seja feita a inoculação da semente, ocupando todo o volume do furo, que depois é vedado com parafina. Esse material é colocado em local coberto e sombreado, de forma a evitar a incidência direta de raios solares, mantendo-se a temperatura em torno de 20°C a 27°C e a umidade é mantida em torno de 60%. As toras devem ser empilhadas e mantidas assim por um período mínimo de seis meses, podendo variar até 12 meses, dependendo das condições climáticas do local (PASCHOLATI, 2014).

O esquema da figura 2 mostra a visão geral do cultivo de Shiitake em toras.

Figura 2 – Visão geral do cultivo de Shiitake em toras



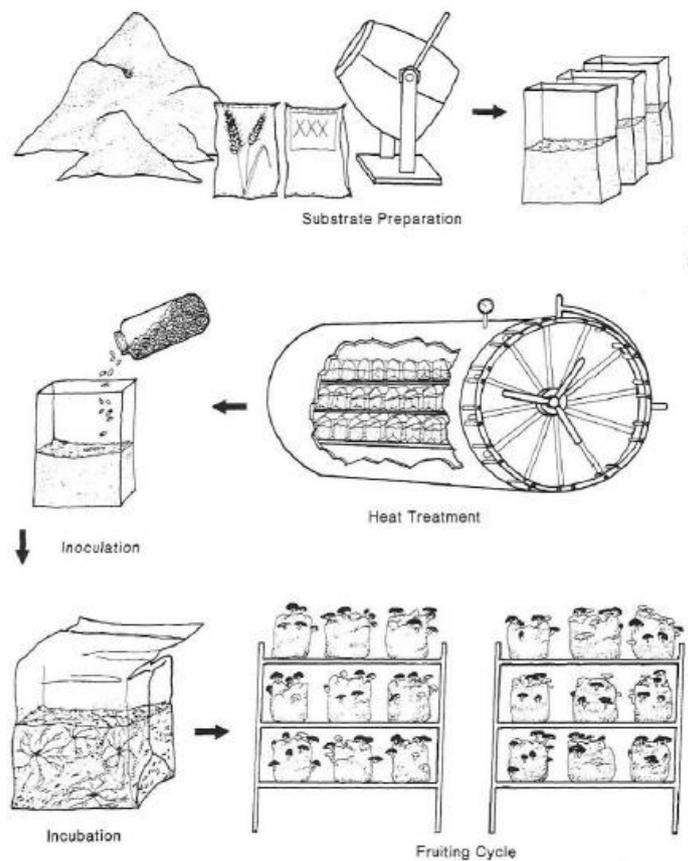
Fonte: Przybylowicz e Donoghue (1989)

A frutificação é então induzida através de estímulos mecânicos e térmicos, que impulsionam o surgimento dos primeiros cogumelos. Entretanto, devido ao período entre o início da colonização da madeira pelo fungo e o final do ciclo de produção dos basidiomas ser longo (aproximadamente 18 a 24 meses) pode ser mais vantajoso o emprego do cultivo em blocos axênicos. Além disso, o cultivo em toras pode ser danoso ao ambiente, já que utiliza espécies arbóreas cuja reposição na natureza pode ser um processo de longo prazo (MARINO E ABREU, 2008; PRZYBYLOWICZ e DONOGHUE, 1990).

Diante disso, foi desenvolvido um sistema mais eficiente, em alguns aspectos, para a produção de Shitake: o método de cultivo em substratos de serragem se caracteriza por ser um método de produção mais rápido e controlado. Essa serragem pode ser suplementada com resíduos agroindustriais, que passam então a ter valor como subprodutos, como: bagaço de cana, palha e sabugo de milho, farelos de trigo, soja, arroz, fubá, entre outros. Essa suplementação melhora a disponibilidade de nutrientes, levando a um melhor crescimento micelial. Esse material é então acondicionado em sacos de plástico e autoclavado, para evitar a contaminação do meio de cultura (substrato axênico). As principais vantagens deste método incluem um período de duração mais curto para a produção do cogumelo, levando, assim, a maiores rendimentos (DIEHLE e ROYSE, 1986; BACH, 2018).

A figura 3 representa um esquema de produção axênico.

Figura 3 – Visão geral do cultivo de Shiitake em serragem.



Fonte: Przybylowicz e Donoghue (1989)

2.5 Insumos para cultivo de *L. edodes*

Os cogumelos dependem de substratos para nutrição e esse substrato normalmente é uma fonte de material lignocelulósico necessária para o crescimento, desenvolvimento e frutificação do cogumelo. No caso do Shiitake, a serragem é o ingrediente basal mais popular utilizado em substratos, que geralmente consistem em misturá-la com suplementos nutricionais. Nesse tipo de cultivo pode ser utilizada uma ampla variedade de subprodutos, entre eles: suplementos à base de amido, como farelo de trigo, farelo de arroz ou milho, que podem ser adicionados em porcentagens do peso seco do ingrediente principal. O rendimento do cogumelo pode variar devido ao uso de misturas heterogêneas de serragem (DIEHLE e ROYSE, 1986; RANJBAR e OLFATI, 2017; SILVA et al., 2005).

Durante o processamento industrial do trigo, cerca de 70 a 75% da massa de grãos é convertida em farinha e os 25 a 30% restantes são considerados subprodutos e normalmente comercializados como farelo de trigo (BLASI et al., 1998).

Conforme observado por Marino e Abreu (2008), a suplementação com farelo de trigo para o cultivo de isolados de Shiitake funciona como fonte de nitrogênio no substrato, o que contribui para o crescimento da massa micelial, podendo interferir na produtividade e na eficiência biológica. A figura 4 mostra a safra de arroz no Brasil, em 2021/22.

Figura 4 – Safra de arroz no Brasil, em 2021/22.



Fonte: CONAB (2022)

A adição de suplementos ao substrato está ligada à produtividade. Cada suplemento possui composição distinta e por isso a quantidade a ser adicionada ao substrato depende muito desses valores. O farelo de soja possui um teor de nitrogênio maior, e por isso, o produtor que optar por utilizar esse suplemento deve levar isso em consideração ao adicioná-lo à produção.

Segundo a CONAB (2022), em 2021, a produção de soja no Brasil girou em torno de 124 mil toneladas.

A adição do farelo de soja ao substrato melhora a produtividade devido à maior disponibilidade de nitrogênio facilmente assimilável na soja. Segundo EIRA e MINHONI (1997), o farelo de soja contém porcentagem mais alta de nitrogênio (cerca de, 7,38%) quando comparada a outros farelos, como o de trigo (2,70%), de arroz (2%) e de milho (1,57%).

Figura 5 – Safra de soja no Brasil, em 2021/22.



SOJA



Fonte: CONAB (2022)

O milho, assim como o arroz e o trigo, é um importante grão de cereais, pois fornece nutrientes para seres humanos e animais, além de servir como material básico à produção de amido, óleo e proteína, bebidas alcoólicas, adoçantes e como combustível (CAPOBIANGO et al., 2006). O fubá grosso, um subproduto obtido através da moagem seca dos grãos de milho, pode ser também utilizado como suplemento para produção de cogumelos.

A figura 6 mostra a safra de milho no Brasil, em 2021/22.

Figura 6 - Safra de milho no Brasil, em 2021/22



MILHO



Fonte: CONAB (2022)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Produção do inoculante

Foi utilizada a linhagem LE7 pertencente à micoteca do Laboratório de Cogumelos Comestíveis da Universidade Federal de Lavras. A cultura foi reativada e mantida em meio de cultura BDA (200g de batata, 20g de dextrose, 20g de ágar e 1 litro de água destilada), incubada em BOD a 25° C, sendo esta cultura considerada a matriz primária para o preparo do inoculante de *L. edodes*.

A matriz secundária foi preparada em substrato à base de serragem, acondicionada em frascos de vidro, com capacidade para 400g. Os frascos foram autoclavados por 2 horas, a 121 °C. Depois de 24h, foram inoculados com 4 discos de 5 mm de diâmetro das colônias cultivadas em BDA. Os frascos foram incubados à temperatura de 24 a 28 °C, por 3 semanas.

3.2 Preparo dos substratos

3.2.1 Preparo do substrato para o teste de diferentes tipos de farelos (ensaio 1)

Foram utilizados diferentes tipos de farelos em formulações fixas e interativas. Para realização do teste de substratos formulados à base de diferentes ingredientes, foram preparados 7 tratamentos, como indicado na tabela 3.

Tabela 3 - Composição do substrato utilizado para o cultivo do cogumelo *L. edodes* no ensaio 1.

Tratamento	Serragem	FT	FA	Fubá	CaCO₃
T1	80%	7%	7%	7%	0,4%
T2	80%	20%	-	-	0,4%
T3	80%	-	-	20%	0,4%
T4	80%	-	20%	-	0,4%
T5	80%	10%	10%	-	0,4%
T6	80%	-	10%	10%	0,4%
T7	80%	10%	-	10%	0,4%

FT= farelo de trigo; FA= farelo de arroz.

Cada tratamento foi distribuído em frascos de vidro na proporção de 400g/frasco. Os frascos foram autoclavados a 121 °C por 2h, repetindo-se o processo de autoclavagem após intervalo de 24h.

Após o resfriamento até atingir temperatura ambiente, os substratos foram inoculados com aproximadamente 20g de spawn, distribuídos na parte superior do substrato. Os frascos foram incubados à temperatura ambiente por tempo suficiente para a completa colonização do substrato e

início da formação da capa marrom na parte superior do substrato. Os potes foram dispostos em prateleiras de forma casualizada em sala com temperatura ambiente. A cada semana foi medido o crescimento micelial. Posteriormente, os frascos foram transferidos para sala de cultivo onde a umidade do ar foi mantida acima de 80% e a temperatura de 18°C. Para todos os substratos foram aferidos pH e matéria seca.

3.2.2 Preparo do substrato para o teste de níveis de farelo de soja (ensaio 2)

Para o teste utilizando diferentes níveis de soja, foram feitos 12 tratamentos, divididos de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 - Composição do substrato utilizado para o cultivo do cogumelo *L. edodes* no ensaio 18 2.

FT= farelo de trigo; FS= farelo de soja.

Tratamento	Serragem	FT	Fubá	FS	CaCO ₃
T1	80%	20%	-	0%	0,4%
T2	80%	18%	-	2%	0,4%
T3	80%	16%	-	4%	0,4%
T4	80%	14%	-	6%	0,4%
T5	80%	12%	-	8%	0,4%
T6	80%	10%	-	10%	0,4%
T7	80%	-	20%	0%	0,4%
T8	80%	-	18%	2%	0,4%
T9	80%	-	16%	4%	0,4%
T10	80%	-	14%	6%	0,4%
T11	80%	-	12%	8%	0,4%
T12	80%	-	10%	10%	0,4%

Cada tratamento foi distribuído em frascos de vidro na proporção de 250g/frasco. Os frascos foram autoclavados a 121 °C por 2h, repetindo-se o processo de autoclavagem após intervalo de 24h.

Depois de 24 horas, tempo necessário para o resfriamento dos blocos à temperatura ambiente, foi realizada a inoculação dos substratos dos dois ensaios em condições assépticas, com 20 g da matriz secundária, referentes à linhagem estudada.

Os frascos foram incubados à temperatura ambiente por tempo suficiente para a completa colonização do substrato e início da formação da capa marrom na parte superior do substrato. Os potes foram dispostos em prateleiras de forma casualizada em sala com temperatura ambiente. A

cada semana foi feita a corrida micelial. Posteriormente, os frascos foram transferidos para sala de cultivo onde a umidade do ar foi mantida acima de 80% e a temperatura de 18°C.

3.3 Matéria seca do substrato e pH

Para todos os ensaios, amostras dos substratos foram retiradas para determinação da matéria seca e pH. Para obtenção da matéria seca, a amostra foi pesada e transferida para estufa de secagem até obtenção de peso constante (24 a 48h). Após a secagem completa do material, este foi pesado novamente para determinação da matéria seca final, seguindo a equação: $MN-MS/MN \times 100$

Onde: MN = Matéria Natural

MS = Matéria seca

3.4 Velocidade de colonização

Foi observada a velocidade de colonização dos potes, nos ensaios 1 e 2. Essa colonização foi medida a partir de 7 dias após a inoculação e aferida a cada 7 dias, com uso de um paquímetro. O crescimento micelial foi medido em quatro lados dos potes, sendo posteriormente calculada a média desses valores. Esse crescimento foi expresso em mm/dia.

3.5 Parâmetros agronômicos

3.5.1 Massa média dos basidiomas frescos e número de cogumelos

Durante o período de colheita, os cogumelos frescos foram contados e pesados, para determinação do número e massa média dos cogumelos, a partir de cada repetição.

3.5.2 Produtividade e eficiência biológica

A produtividade foi expressa a partir da massa fresca de cogumelos em relação ao peso úmido do substrato, seguindo a equação:

$$P(\%) = \text{massa fresca de cogumelos (g)} / \text{peso úmido do substrato (g)} \times 100$$

3.5.3 Eficiência Biológica (EB)

A eficiência biológica (EB), que representa o percentual de conversão de substrato em biomassa fúngica (cogumelo), foi calculada em função da massa fresca de cogumelos em relação à massa seca do substrato, por meio da seguinte equação:

$$EB (\%) = \text{Massa fresca de cogumelos (g)} / \text{Peso seco do substrato inicial (g)} \times 100$$

3.6 Análises estatísticas

Os resultados de velocidade de colonização, início da formação dos primórdios, número e massa de basidiomas, produtividade e eficiência biológica, foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cultivo do shiitake em substratos com diferentes tipos e concentrações de farelos

A tabela 5 mostra os resultados obtidos no ensaio 1, com diferentes formulações de substrato para a produção de *L. edodes*.

O crescimento micelial e o tempo decorrido até a formação dos primeiros primórdios foram influenciados pelas diferentes formulações utilizadas nos substratos para produção do cogumelo, uma vez que esses parâmetros apresentaram diferenças significativas. As diferenças nos demais parâmetros não foram estatisticamente significativas.

Tabela 5 – Análise dos parâmetros de produtividade para teste de diferentes tipos de farelos

Tratamento	Crescimento micelial (mm/dia) ± DP	IFP¹ (dias) ± DP	N^{o2} ± DP	P³ (%) ± DP	EB⁴ (%) ± DP
T1	1,9 ± 0,01 ^{ab}	75,0 ± 46,5 ^{ab}	1,8 ± 0,9 ^a	17,5 ± 2,2 ^a	44,9 ± 5,717 ^a
T2	2,5 ± 0,05 ^{ab}	75,8 ± 32,2 ^{ab}	3,3 ± 1,5 ^a	17,3 ± 3,9 ^a	44,4 ± 10,222 ^a
T3	2,3 ± 0,02 ^{ab}	89,3 ± 36,4 ^{ab}	2,3 ± 0,9 ^a	11,6 ± 1,9 ^a	32,9 ± 7,563 ^a
T4	2,4 ± 0,02 ^{ab}	121,8 ± 13,4 ^b	2,8 ± 0,5 ^a	18,5 ± 4,1 ^a	51,8 ± 11,437 ^a
T5	1,7 ± 0,03 ^b	61,3 ± 25,3 ^{ab}	2,8 ± 0,9 ^a	16,6 ± 4,0 ^a	48,7 ± 11,780 ^a
T6	2,0 ± 0,01 ^{ab}	102,3 ± 27,5 ^{ab}	2,3 ± 0,5 ^a	15,5 ± 2,7 ^a	44,0 ± 7,619 ^a
T7	2,7 ± 0,02 ^a	38,5 ± 21,1 ^a	3,0 ± 1,4 ^a	18,6 ± 4,8 ^a	48,3 ± 12,513 ^a
CV (%)	17,0	38,0	40,3	21,4	21,8

1 Início da formação dos primórdios

2 N° de basidiomas por pote

3 Produtividade

4 Eficiência Biológica

Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DP: desvio padrão da média

Foi possível observar que o tratamento 7 (10% farelo de trigo e 10% fubá) proporcionou maior velocidade de crescimento, enquanto no tratamento 5 (10% de farelo de trigo e 10% de farelo de arroz) houve crescimento micelial mais lento. Esse crescimento micelial mais lento não significa necessariamente que o substrato 5 seja mais pobre. Na verdade, em termos de teor de nitrogênio, provavelmente, o substrato 5 é mais rico do que o substrato 7, uma vez que farelo de trigo e farelo de arroz possuem teor de proteína semelhantes, enquanto que o fubá é muito mais pobre em proteína do que ambos. Entretanto, é possível que o fubá apresente maior riqueza em outros nutrientes, tais como vitaminas. Outro importante aspecto a ser considerando é que substratos mais ricos normalmente resultam em colonização mais intensa e ramificada, porém, mais lenta, quando comparada à colonização em substratos mais pobres, a qual é normalmente menos vigorosa e menos ramificada, porém, mais rápida.

O tratamento 7 também levou a um menor período médio para o início da formação dos primórdios (IFP). Este tratamento também apresentou um dos maiores valores de produtividade,

apesar das diferenças não terem sido significativas. Fazendo uma comparação com o T3, pode-se observar o menor valor de produtividade e um período longo para início da formação dos primórdios. Esses resultados indicam que a utilização de fubá apenas não é interessante, porém, a combinação de fubá com farelo de trigo pode ser interessante. O maior valor de IFP foi observado para o T4 (20% de farelo de arroz), o qual diferiu estatisticamente apenas do T7 (FT + fubá). Apesar disso, o T4 apresentou produtividade tão alta quanto os demais tratamentos.

Ranjbar e Olfati (2017) relataram a utilização de farelos na proporção de 30%, além de utilizar 1% de açúcar no substrato. Os autores utilizaram serragem de espécies nativas, incluindo carvalho, em vez de serragem de eucalipto e, para a combinação serragem de carvalho + farelo de trigo 30%, obtiveram uma eficiência biológica de 94,8%. Entretanto, segundo os autores, houve uma queda drástica na produção de cogumelos quando se utilizou farelo de arroz ou fubá. Para o Brasil, a utilização de serragem de espécies arbóreas nativas é bastante limitante. Nem todas as espécies podem ser adequadas ao cultivo do cogumelo e, além disso, é muito difícil obter esse tipo de material de forma uniforme. Portanto, a opção para o Brasil pode ser a utilização de maior proporção de farelos ou buscar outros suplementos mais baratos.

Para Rossi e Machado (2001), o farelo de arroz estimula o crescimento micelial de diversas espécies de cogumelos, promovendo, assim, a rápida colonização do substrato. Neste trabalho, esta correlação não se repetiu, já que o tratamento que favoreceu o crescimento micelial foi aquele suplementado com farelo de trigo e fubá, sem adição do farelo de arroz.

A menor velocidade de crescimento micelial obtida neste ensaio foi aquela onde o substrato foi suplementado com 10% de farelo de trigo e 10% de farelo de arroz. Resultado semelhante foi encontrado por Marino e Abreu (2008), que realizaram a mesma suplementação em substrato para shiitake e também obtiveram menor velocidade de crescimento micelial nesse tratamento, para duas das três linhagens estudadas.

Considerando ainda o número de basidiomas por pote e a eficiência biológica, Kim et al. (2020), utilizando como suplementação, em potes, o farelo de arroz e fubá, encontraram, respectivamente, 2,3 e 26,4%. No presente estudo, para o tratamento semelhante, os resultados obtidos foram 2,3 e 44%, respectivamente.

4.2 Produtividade do cogumelo shiitake em função do teor de farelo de soja

A tabela 6 apresenta os efeitos dos tratamentos com diferentes níveis de soja em combinação com o farelo de trigo ou com fubá. Diferenças estatísticas foram observadas entre os tratamentos, mas de modo geral, pode-se dizer que a adição do farelo de soja (FS) no substrato com farelo de trigo não fez muita diferença, uma vez que não se observou diferenças significativas entre os tratamentos com farelo de trigo. Além disso, observou-se que o menor tempo de IFP foi obtido

no T1, com 20% de FT e sem fubá, considerando apenas os substratos com FT. Observou-se ainda que a menor velocidade de crescimento micelial foi observada no T6, o qual continha o maior nível de farelo de soja (10%).

Na verdade, a adição do FS fez diferença no substrato com fubá, o que faz sentido, uma vez que este suplemento é muito mais pobre em nitrogênio do que o FT, conforme discutido anteriormente. Observou-se uma tendência de aumento da produtividade à medida que se aumentou o teor de FS no substrato, entretanto, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos contendo FS. Apesar disso, os resultados deixaram claro o efeito da adição do farelo de soja, principalmente quando se compara o T7 (0% FS) com o T11 (8% FS).

Com relação à velocidade de colonização do substrato, observou-se uma tendência de maior velocidade de colonização à medida que se aumentou o teor de FS até 4%. A partir desse valor, verificou-se uma tendência de queda com o aumento do teor de FS. É possível observar que a maior velocidade de colonização foi alcançada com 4% de FS, cujo resultado foi significativamente diferente do T12 (10% FS), o qual apresentou a menor velocidade de colonização do substrato. Apesar desse efeito, é importante ressaltar que, para o substrato com fubá, mesmo o T12, com o maior teor de FS, a produtividade foi tão elevada quanto à dos demais tratamentos. Além disso, o T12 apresentou o menor tempo de IFP (68,3 dias), o qual foi um fator muito positivo para este tratamento.

Tabela 6 – Análise da produtividade para o teste de diferentes teores de farelo de soja.

Tratamento	Crescimento micelial (mm/dia) ± DP	IFP¹ (dias) ± DP	N^{o2} ± DP	P³ (%) ± DP	EB⁴ (%) ± DP
T1	3,9 ± 0,01 ^{ab}	82,7 ± 31,5 ^{ab}	5,3 ± 2,5 ^a	28,5 ± 12,4 ^{ab}	71,9 ± 32,4 ^a
T2	3,9 ± 0,02 ^{ab}	91,0 ± 19,3 ^{bc}	2,3 ± 1,2 ^{ab}	27,4 ± 4,5 ^{ab}	67,4 ± 11,3 ^a
T3	3,9 ± 0,01 ^{ab}	109,7 ± 22,0 ^d	2,0 ± 1,0 ^{ab}	25,0 ± 3,5 ^{ab}	60,5 ± 7,7 ^a
T4	3,7 ± 0,01 ^{abc}	93,7 ± 2,3 ^{bcd}	3,0 ± 1,7 ^{ab}	30,7 ± 3,6 ^{ab}	75,3 ± 8,9 ^a
T5	3,5 ± 0,01 ^{abc}	104,7 ± 21,2 ^d	3,7 ± 0,6 ^{ab}	27,5 ± 4,5 ^{ab}	60,9 ± 9,9 ^a
T6	3,2 ± 0,02 ^c	108,0 ± 9,0 ^{cd}	1,0 ± 0,0 ^b	22,4 ± 4,2 ^{ab}	44,9 ± 8,4 ^a
T7	3,7 ± 0,04 ^{abc}	91,0 ± 13,0 ^{bc}	2,0 ± 1,0 ^{ab}	11,7 ± 2,7 ^b	26,9 ± 6,6 ^a
T8	3,6 ± 0,02 ^{abc}	92,3 ± 12,7 ^{bcd}	2,7 ± 0,6 ^{ab}	15,3 ± 3,3 ^{ab}	36,9 ± 10,9 ^a
T9	4,0 ± 0,02 ^a	100,3 ± 4,8 ^{bcd}	2,0 ± 1,0 ^{ab}	16,3 ± 4,8 ^{ab}	43,0 ± 12,7 ^a
T10	3,8 ± 0,02 ^{ab}	106,7 ± 3,1 ^{cd}	4,3 ± 0,6 ^{ab}	26,6 ± 11,1 ^{ab}	64,7 ± 26,9 ^a
T11	3,5 ± 0,02 ^{abc}	86,0 ± 10,4 ^{ab}	3,7 ± 2,5 ^{ab}	31,9 ± 3,6 ^a	70,6 ± 6,1 ^a

T12	3,4 ± 0,02 ^{bc}	68,3 ± 3,5 ^a	6,0 ± 2,0 ^a	28,7 ± 11,4 ^{ab}	68,5 ± 28,2 ^a
CV (%)	5,3	6,3	45,6	24,8	29,7

1 Início da formação dos primórdios 1

2 N° de basidiomas por pote 2

3 Produtividade 3

4 Eficiência Biológica 4

Letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); DP: desvio padrão da média

Observa-se que os tratamentos 1 (20% farelo de trigo) e 12 promoveram maior quantidade de basidiomas por pote, indicando que todos os suplementos utilizados nesse ensaio influenciaram positivamente nesse parâmetro. Entretanto, maior número de basidiomas para valores semelhantes de produtividade indicam cogumelos menores, o que pode ser um fator negativo, uma vez que o mercado tende a valorizar cogumelos maiores.

Há um consenso de que a adição de suplementos ao substrato pode aumentar a produtividade de cogumelos. A maioria dos suplementos é derivada do processamento de grãos tais como arroz e trigo. Devido à composição distinta de cada suplemento, a quantidade a ser adicionada ao substrato pode variar. De acordo com os resultados obtidos, considerando-se apenas a produtividade ou eficiência biológica, a utilização de farelo de trigo ou farelo de arroz é suficiente para atingir os níveis de produção desejados. Neste caso, pode-se ainda avaliar a possibilidade de se utilizar níveis acima dos 20% utilizados neste trabalho. Portanto, havendo disponibilidade destes dois farelos, não se verificou a necessidade de complementá-los com outros suplementos, seja fubá, farelo de soja ou outro. Por outro lado, caso não haja disponibilidade de nenhum destes dois farelos, o fubá pode ser utilizado em associação com o farelo de soja. Futuros estudos ainda deverão ser feitos para avaliar a possibilidade de utilização de outros materiais além da serragem, os quais sejam naturalmente mais ricos em nitrogênio, tais como palha de soja, palha de feijão, ou até mesmo alguns tipos de gramíneas, os quais poderiam ser combinados com serragem ou até mesmo serem utilizados como ingredientes principais e suplementados com fubá e farelo de soja.

CONCLUSÃO

Os farelos de trigo e de arroz podem ser utilizados sozinhos ou em combinação entre si ou com fubá. Entretanto, o fubá não deve ser utilizado sozinho, mas em combinação com outros farelos, em especial com farelo de trigo ou farelo de soja.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. N.; GRACIOLLI L. A. Controle de fungos contaminantes no cultivo do cogumelo comestível shiitake em toros de eucalipto. **Scientia Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 293-299, 2005. In: MACIEL, W. P. **Cultivo de *Lentinula edodes* em diferentes condições de substrato e temperatura**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Microbiologia Agrícola), 35 p., Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2012.
- ATHAYDE, M. B. et al. Temperature influence on the mycelial growth of *Lentinula edodes* strains. **Ambiência**, v. 6, n. 3, p. 503-509, 2011.
- BACH, F. et al. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes*. **Emirates journal of food and agriculture**, p. 1006-1013, 2018.
- BLASI, D. A. et al. Wheat middlings composition, feeding value and storage guidelines. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Boull. MF-2353, 21 p. 1998.
- CAPOBIANGO, M. et al. Extração química e enzimática das proteínas do fubá de milho. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 4, p. 884-890, 2006.
- CHEN, L. et al. Genome Sequence of the Edible Cultivated Mushroom *Lentinula edodes* (Shiitake) Reveals Insights into Lignocellulose Degradation. **PloSone**, v. 11, n. 8, 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – ISSN 2318-3241 Brasília, v.7, p. 1-100, out. 2019.: Disponível em: < https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/download/28825_2ed3fc3b5b25a350206d276620cf1c85>.
- CRAVO, C. L. C. F. **Cogumelos e os seus efeitos nutricionais**. Trabalho de Conclusão de Curso. [sn]. 2014.
- CUNHA, A. L. **Utilização do estipe de palmeira como substrato para o crescimento de cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes* (BECK.) PEGLER), em alternativa às toras de eucalipto: Um estudo comparativo**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências 49 Ambientais), 52 p., Universidade de Taubaté, São Paulo, 2009.
- DIEHLE, D. A.; ROYSE, D. J. Shiitake cultivation on sawdust: evaluation of selected genotypes for biological efficiency and mushroom size. **Mycologia**, v. 78, n. 6, p. 929-933, 1986.
- EIRA, A.F., MINHONI, M.T.A. **Manual teórico-prático do cultivo de cogumelos comestíveis**. 2.ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1997. 15 115p.
- EIRA, A. F.; MONTINI, R. M. C. Manual de cultivo do shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler). FEPAF, FCA/UNESP, Botucatu, 38 p, 1997. In: FREDERICO, C. E. et al. Produção de Shiitake (*Lentinula edodes* (BERK) PEGLER) em Substratos à Base de Sabugo de Milho. In: **XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002**. 2002
- FREDERICO, C. E. et al. Produção de Shiitake (*Lentinula edodes* (BERK) PEGLER) em Substratos à Base de Sabugo de Milho. In: **XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 01 a 05 de setembro de 2002**. 2002

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 154-157, 2007.

KIM, J. H. et al. Cultural characteristics and fruiting-body productivity of *Lentinula edodes* with bottle and box. **Journal of Mushroom**, v. 18, n. 1, p. 91-94, 2020.

KWON, H. W. et al. First Report of Brown Rot Caused by *Cryptococcus pseudolongus* on Fruiting Body of Shiitake (*Lentinula edodes*) in Korea 2. **Korea**, v. 7, p. 8, 2016.

MACIEL, W. P. **Cultivo de *Lentinula edodes* em diferentes condições de substrato e temperatura**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Microbiologia Agrícola), 35 p., Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2012.

MARINO, R. H.; DE ABREU, L. D. Cultivo do cogumelo Shiitake em resíduo de coco suplementado com farelo de trigo e/ou arroz. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 11-16, 2009.

MILES, P. G.; CHANG, S. **Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact**. CRC press, 2^a ed., 451 p., 2004.

MONTINI, R. M. C. **Efeito de linhagens e substratos no crescimento miceliano e na produtividade em cultivo axênico de shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler)**. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia), 106 p., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, 2001.

PASCHOLATI, S. F. et al., **Produção de shiitake em toras de eucalipto**. 52 p., ESALQ, 2014.

PRZYBYLOWICZ, P.R.; DONOGHUE, J. **Shiitake Growers Handbook-The art and science of mushroom cultivation**. Kendall Hunt Pub Co. 225p., 1989.

SEABRA, A. L. **Cogumelos e saúde**. Dissertação de Mestrado, (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), 82 p., Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Almada, Portugal, 24 nov. 2015.

RANJBAR, M. E.; OLFATI, J. A. Evaluation of substrate components on shiitake mushroom properties. **International Journal of Vegetable Science**, v. 23, n. 2, p. 145-150, 2017.

ROSSI, I. H. et al. Desenvolvimento micelial de *Lentinula edodes* como efeito da profundidade e suplementação do substrato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 887-891, 2001.

SILVA, E. M. et al. Effect of cereal brans on *Lentinula edodes* growth and enzyme activities during cultivation on forestry waste. **Letters in Applied microbiology**, v. 40, n. 4, p. 283-288, 2005.

SOUZA, L. G. **Cultivo de *Lentinula edodes* e *Pleurotus ostreatus* em bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação de Mestrado, (Mestrado em Microbiologia Aplicada), 67 p., Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, São Paulo, 2016.

TONINI, R. C. G. et al. Utilização de Bainha Mediana de palmito (*Euterpe edulis*) Mart. Areaceae como substrato de frutificação para o cultivo axênico de *Lentinula edodes* (Beck.) Pegler. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. pg. 204-206, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos**: TCCs, monografias, dissertações e teses. 2. ed. Lavras, 2020.

YANG, R. et al. The complete mitochondrial genome of the widely cultivated edible fungus *Lentinula edodes*. **Mitochondrial DNA Part B**, v. 2, n. 1, p. 13-14, 2017.

ZERVAKIS, G. et al. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. **Folia microbiologica**, v. 46, n. 3, p. 231-234, 2001.