

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

**PRODUÇÃO SEQUENCIAL DE COGUMELOS E DE BIOCMPÓSITOS DE
Pleurotus sajor-caju EM PAPEL CARTÃO**

BRUNA CAROLINE DOS SANTOS RIBEIRO
Orientadora: Dra. Elisabeth Wisbeck

JOINVILLE – SC
2022

BRUNA CAROLINE DOS SANTOS RIBEIRO

**PRODUÇÃO SEQUENCIAL DE COGUMELOS E DE BIOCAMPÓSITOS DE
Pleurotus sajor-caju EM PAPEL CARTÃO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos, na Universidade da Região de Joinville. Orientadora: Dra. Elisabeth Wisbeck.

JOINVILLE - SC

2022

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

R484p

Ribeiro, Bruna Caroline dos Santos
Produção sequencial de cogumelos e de biocompósitos de *Pleurotus sajor-caju*
em papel cartão / Bruna Caroline dos Santos Ribeiro; orientadora Dra. Elisabeth
Wisbeck. – Joinville: UNIVILLE, 2022.

71 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de
Joinville)

1. Cogumelos – Cultivo. 2. Resíduos industriais. 3. Papel cartão. 4. Resíduos
de papel – Reaproveitamento. I. Wisbeck, Elisabeth (orient.). II. Título.

CDD 628.4

Termo de Aprovação

“Produção Sequencial de Cogumelos e de Biocompósitos de *Pleurotus sajor-caju* em Papel Cartão”

por

Bruna Caroline dos Santos Ribeiro

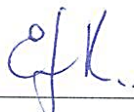
Banca Examinadora:

Profa. Dra. Elisabeth Wisbeck
Orientadora (UNIVILLE)

Profa. Dra. Lorena Benathar Ballod Tavares
(FURB)

Profa. Dra. Marcia Luciane Lange Silveira
(UNIVILLE)

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestra em Engenharia de Processos, área de concentração Desenvolvimento e Gestão de Processos e Produtos e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos.



Profa. Dra. Elisabeth Wisbeck
Orientadora (UNIVILLE)



Profa. Dra. Ana Paula Testa Pezzin
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos

Joinville, 31 de agosto de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Agostinho dos Santos e Rosemeri Coelho dos Santos pelo exemplo de vida, pela dedicação e por não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meu amor, João Batista Ribeiro de Souza, por todo suporte, amor, paciência e por estar sempre ao meu lado.

À professora Dra. Elisabeth Wisbeck, pela orientação deste trabalho, pelo apoio, confiança e por todos os ensinamentos.

À professora Dra. Marcia Luciane Lange Silveira, pela orientação no estágio de docência e por todos os incentivos e ensinamentos desde a graduação.

À professora Dra. Josiane Costa Riani pelo apoio técnico.

À Luana, Heloísa, Beatriz e especialmente Aline, pelo apoio no laboratório e pelo comprometimento com o trabalho.

Às minhas amigas Elouise e Fabiane e demais colegas de sala pelos alegres momentos compartilhados.

Aos funcionários, pesquisadores e professores da UNIVILLE que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade de realizar o mestrado por meio de bolsa de estudo.

À Deus, por conceder saúde, sabedoria e amparo nos momentos de dificuldade.

A todos, minha gratidão,

Bruna Caroline dos Santos Ribeiro

*"Precisamos inovar; ressurgir das cinzas
para o calor da vitória."
(Rita de Cássia Coelho Ramos)*

RESUMO

Produção sequencial de cogumelos e de biocompósitos de *Pleurotus sajor-caju* em papel cartão

Embalagens para alimentos pré-prontos têm sido cada vez mais utilizadas devido a mudança do estilo de vida da população. Em decorrência disto há um aumento destes resíduos que podem provocar impactos ambientais negativos se descartados indevidamente na natureza. Uma destas embalagem para alimentos pré-prontos para consumo são formadas por papel cartão *Solid Bleached Sulfate* (SBS) revestido com PET (politereftalato de etileno). Uma alternativa para o aproveitamento desses resíduos é o seu uso como substrato para a produção de cogumelos comestíveis. Após a produção de cogumelos, ainda resta uma elevada quantidade de resíduo lignocelulósico, chamado substrato residual. Esses resíduos, quando utilizados por fungos não patógenos, podem ser transformados em biocompósitos. Com o intuito de agregar valor a esses resíduos este trabalho teve, como principal objetivo, avaliar a produção de cogumelos de *Pleurotus sajor-caju* e a produção de biocompósitos utilizando resíduo de papel cartão SBS revestido com PET. *P. sajor-caju* foi cultivado variando-se a fração de inóculo em 30 % ou 50 % e foi determinado o rendimento (%), a eficiência biológica (%), a produtividade (g/dia) e a perda de matéria orgânica (%) do processo produtivo para se definir a melhor condição de cultivo. Os cogumelos obtidos foram caracterizados quimicamente quanto ao teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras, cinzas, fósforo, potássio, sódio, chumbo e mercúrio. O substrato residual proveniente da produção de cogumelos com 30% e 50% de inóculo, A e B, respectivamente, foram inoculados com 30% de *P. sajor-caju*, incubados a 30 °C, triturados e colocados em moldeiras para obtenção do biocompósito. Após o preenchimento total do micélio fúngico, os biocompósitos foram secos a 60 °C e submetidos a análises de sorção de água, sorção de umidade do ar, compressão e densidade aparente. Os melhores resultados de rendimento (R - 47,3 %), de eficiência biológica (EB - 7,2 %) e perda de matéria orgânica (PMO - 3,0 %) foram obtidos com 50 % de inóculo e os cogumelos de *P. sajor-caju*, em base seca, podem ser considerados um alimento que contém carboidratos, com alto teor de fibras, proteínas e potássio, baixo teor de gordura e muito baixo teor de sódio. Em relação aos biocompósitos, o substrato A e B foram muito semelhantes, apresentando em média um tempo global de processo de 19,4 dias, velocidade de secagem de 12,7 g/dia, sorção de água após 24 horas de imersão de 195%, sorção da umidade do ar de 9,4%, resistência a compressão de 0,16 MPa e densidade aparente de 286 kg/m³. Assim, os resíduos da indústria de embalagens, podem ser utilizados na produção de cogumelos de *P. sajor-caju* e biocompósitos com potencial para aplicações similares ao poliestireno expandido (EPS).

Palavras Chave: *Pleurotus sajor-caju*, biocompósitos, micélio fúngico, resíduos industriais, papel cartão.

ABSTRACT

Sequential production of *Pleurotus sajor-caju* mushrooms and biocomposites in paperboard.

Packaging for ready-to-eat foods has been increasingly used due to the change in the population's lifestyle. As a result, there is an increase in these residues, which can cause negative environmental impacts if improperly discarded in nature. One of these packages for ready-to-eat foods is formed by Solid Bleached Sulfate (SBS) paperboard coated with PET. An alternative for the use of these residues is their use as a substrate for the production of edible mushrooms. After mushroom production, there is still a high amount of lignocellulosic residue, called residual substrate. These residues, when used by non-pathogenic fungi, can be transformed into biocomposites. In order to add value to these residues, this work had, as main objective, to evaluate the production of *Pleurotus sajor-caju* mushrooms and the production of biocomposites using SBS paperboard coated with PET (polyethylene terephthalate). *P. sajor-caju* was cultivated by varying the inoculum fraction by 30% or 50% and was determined the yield (%), biological efficiency (%), productivity (g/day) and a loss of organic matter (%) of the productive process to define a better cultivation condition. The mushrooms obtained were chemically characterized as to the content of carbohydrates, proteins, lipids, fiber, ash, phosphorus, potassium, sodium, lead and mercury. The residual substrate from mushroom production with 30% and 50% inoculum, A and B, respectively, were inoculated with 30% of *P. sajor-caju*, incubated at 30 °C, triturated and placed in molds to obtain the biocomposite. After the total completion of the mycelia cells, the biocomposites were dried at 60 °C and submitted to analysis of water sorption, humidity sorption, compression and apparent density. The best results of yield (Y - 47.3 %), biological efficiency (BE - 7.2 %) and loss of organic matter (LOM - 3.0 %) were obtained with 50 % of inoculum and *P. sajor-caju*, on a dry basis, can be considered a food that contains carbohydrates, with high fiber, protein and potassium content, low fat and very low sodium content. Regarding the biocomposites, substrate A and B were very similar, with a global process time of 19.4 days, drying rate of 12.7 g/day, water sorption after 24 hours of immersion of 195%, air humidity sorption of 9.4%, compressive strength of 0.16 MPa and apparent density of 286 kg/m³. Thus, waste from the packaging industry can be used in the production of *P. sajor-caju* mushrooms and biocomposites production with potential for similar applications to expanded polystyrene (EPS).

Keywords: *Pleurotus sajor-caju*, biocomposites, fungal mycelium, industrial waste, paperboard.

RESUMEN

Producción secuencial de hongos y biocompuestos de *Pleurotus sajor-caju* em papel cartón.

Los envases para alimentos listos para el consumo han sido cada vez más utilizados debido al cambio en el estilo de vida de la población. Como resultado, hay un aumento de estos residuos que pueden causar impactos ambientales negativos si se desechan de forma inadecuada en la naturaleza. Uno de estos envases para alimentos listos para el consumo es de papel cartón *Solid Bleached Sulfate* (SBS) recubierto con PET (tereftalato de polietileno). Una alternativa para el aprovechamiento de estos residuos es su utilización como sustrato para la producción de hongos comestibles. Después de la producción de hongos, todavía hay una gran cantidad de residuos lignocelulósicos, llamados sustrato residual. Estos residuos, al ser aprovechados por hongos no patógenos, pueden transformarse en biocompuestos. Con el fin de agregar valor a estos residuos, este trabajo tuvo como objetivo principal evaluar la producción de hongos y la producción de biocompositos de *Pleurotus sajor-caju* utilizando residuos de papel cartón SBS recubiertos con PET. *P. sajor-caju* se cultivó variando la fracción de inóculo en un 30% o 50% y se determinó el rendimiento (%), la eficiencia biológica (%), la productividad (g/día) y la pérdida de materia orgánica (%) del proceso de producción para definir la mejor condición de cultivo. Los hongos obtenidos se caracterizaron químicamente en cuanto al contenido de carbohidratos, proteínas, lípidos, fibras, cenizas, fósforo, potasio, sodio, plomo y mercurio. El sustrato residual de la producción de hongos con 30% y 50% de inóculo, A y B, respectivamente, se inoculó con 30% de *P. sajor-caju*, se incubó a 30 °C, se trituró y se colocó en moldes para obtener el biocompuesto. Una vez que el micelio del hongo estuvo completamente lleno en el molde, los biocompuestos se secaron a 60 °C y se sometieron a análisis de sorción de agua, sorción de humedad del aire, compresión y densidad aparente. Los mejores resultados en rendimiento (R - 47,3%), eficiencia biológica (EB - 7,2%) y pérdida de materia orgánica (PMO - 3,0%) se obtuvieron con 50% de inóculo y *P. sajor-caju*, en base seca, puede considerarse un alimento rico en hidratos de carbono, alto en fibra, proteínas y potasio, bajo en grasas y muy bajo en sodio. En cuanto a los biocompuestos, el sustrato A y B fueron muy similares, presentando un tiempo de proceso global promedio de 19.4 días, velocidad de secado de 12.7 g/día, sorción de agua a las 24 horas de inmersión de 195%, sorción de humedad de 9.4%, resistencia a la compresión de 0,16 MPa y densidad aparente de 286 kg/m³. Así, los residuos de la industria del embalaje pueden ser utilizados en la producción de hongos y biocompuestos de *P. sajor-caju* con potencial para aplicaciones similares al poliestireno expandido (EPS).

Palabras clave: *Pleurotus sajor-caju*, biocompuestos, micelio fúngico, residuos industriales, papel cartón.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição do papel cartão SBS revestido com PET empregado na produção de embalagens de alimentos.....	22
Figura 2 – Unidade de repetição da estrutura molecular do PET.....	23
Figura 3 - <i>Agaricus bisporus</i> (A), <i>Pleurotus ostreatus</i> (B) e <i>Lentinula edodes</i> (C). ...	25
Figura 4 - Algumas etapas da produção de biocompósitos: vinhedo com resíduos de poda, utilizado como substrato (A), desenvolvimento de micélio em placa de Petri (B) e micélio se incorpora totalmente ao substrato, formando biocompósito (C).	27
Figura 5 - Processo de produção de um biocompósito.	28
Figura 6 - Produtos à base de micélio.....	29
Figura 7 - Aparas de papel cartão SBS revestido com PET provenientes do processo de termoformagem de embalagens para alimentos.	31
Figura 8 - Papel cartão SBS revestido com PET fragmentado (2 x 10mm) e imerso em água.	33
Figura 9 - Pacotes de papel cartão SBS revestido com PET colonizados por <i>P. sajor-caju</i> e dispostos na câmara de cultivo.....	33
Figura 10 - Cogumelo de <i>P. sajor-caju</i> em ponto de colheita.....	34
Figura 11 - Biocompósitos antes (A e B) e após crescimento micelial (C e D).....	40
Figura 12 - Biocompósitos submetidos ao teste de imersão em água.	42
Figura 13 - Valores médios \pm desvio padrão de Rendimento (R%), Eficiência Biológica (EB%) e Perda de Matéria Orgânica (PMO%) obtidos do cultivo em papel cartão SBS revestido com PET usando 30 e 50% de inóculo de <i>P. sajor-caju</i> . Letras diferentes nos parâmetros indicam valores com diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).....	45
Figura 14 - Tempo de crescimento micelial (t_c = dias necessários para a completa colonização fúngica do substrato) e tempo total do processo (t_t = t_c + dias para a completa recolonização fúngica nas moldeiras) para a produção dos corpos de prova dos biocompósitos.....	48
Figura 15 - Curvas de secagem dos biocompósitos de substrato residual A (substrato residual da produção de <i>P. sajor-caju</i> com 30% de inóculo) e B (substrato residual da produção de <i>P. sajor-caju</i> com 30% de inóculo).	49

Figura 16 - Sorção de água (AA%) em 2 e 24h de imersão dos biocompósitos de substrato residual. Letras iguais significam valores sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.	52
Figura 17 - Influência da umidade do ar (AbsU %) por tempo de exposição (dias) dos biocompósitos de substrato A e B. As linhas segmentadas com símbolo (◆) e (●) referem-se a medida da umidade relativa do ar e a temperatura ambiente, respectivamente, no momento da pesagem.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados em termos de carboidratos totais, gordura, fibras, proteínas, P, K e Na obtidos em base seca para cogumelos <i>P. sajor-caju</i> cultivados em papel cartão SBS revestido com PET e a comparação com a legislação.....	46
Tabela 2 - Valores médios de teor de umidade inicial \pm dp (%) e final (em andamento), velocidade média de secagem \pm dp (g/dia) e tempo de secagem (dias) dos corpos de prova produzidos com o substrato A e B. Letras iguais nas colunas significam médias sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.....	50
Tabela 3 - Valores médios de densidade \pm dp (kg/m^3) e tensão de compressão \pm dp (MPa) dos corpos de prova dos biocompósitos de substrato A e B. Letras iguais nas colunas, significam médias sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.....	54
Tabela 4 - Comparação da densidade (kg/m^3) e tensão de compressão σ_c (MPa) para biocompósitos produzidos por diferentes substratos e espécies fúngicas.	55

LISTA DE ABREVIATURAS

A ₀	Área da seção transversal do corpo de prova
AA %	Percentual de sorção de água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AbsUar%	Sorção da Umidade do ar
ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
ASTM	American Society for Testing and Materials
CGCRE	Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro
d	Densidade aparente
DMT	Ácido dimetiltereftálico
dp	Desvio Padrão
EB	Eficiência Biológica (%)
EG	Etileno glicol
EPS	Poliestireno Expandido
F	Força de compressão
m	Massa
M ₀	Massa inicial para análise de imersão em água e umidade do ar
M _{105 °C}	Massa após a secagem a 105 °C
M ₁	Massa após análise de imersão em água e umidade do ar
M _f	Massa final constante
M _i	Massa inicial
M _t	Massa medida a cada tempo de amostragem
MDF	Placa de fibra de média densidade
NBR	Norma Brasileira
PET	Politereftalato de etileno
PMO	Perda de Matéria Orgânica (%)
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
Pr	Produtividade (g/dia)
R	Rendimento (%)
SBS	<i>Solid Bleached Sulfate</i>
tc	Tempo de crescimento micelial
tc	Tempo de crescimento micelial

TDA	Trigo Dextrose Ágar
tf	Tempo final de secagem
tg	Tempo global do processo
TPA	Ácido tereftálico
tt	Tempo total do processo
Uar%	Percentual de sorção de umidade do ar
Uf %	Teor de umidade final
Ui%	Teor de umidade inicial
UR	Umidade relativa do ar
v	Velocidade média de secagem
V	Volume
σ_c	Tensão de compressão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS.....	20
3.2	SETOR DE EMBALAGENS.....	21
3.3	FUNGOS BASIDIOMICEDOS E O GÊNERO <i>PLEUROTUS</i>	23
3.4	MATERIAIS COMPÓSITOS	26
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	MICRORGANISMO E MANUTENÇÃO.....	31
4.2	RESÍDUO UTILIZADO	31
4.3	PRODUÇÃO DOS COGUMELOS	32
4.3.1	Preparo do inóculo.....	32
4.3.2	Preparo do substrato	32
4.3.3	Indução e colheita.....	33
4.4	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS PRODUTIVOS	34
4.4.1	Rendimento	34
4.4.2	Eficiência biológica	35
4.4.3	Produtividade.....	35
4.4.4	Perda de matéria orgânica.....	35
4.5	ANÁLISE DOS COGUMELOS.....	36
4.5.1	Carboidratos totais.....	36
4.5.2	Proteínas	36
4.5.3	Lipídeos	37
4.5.4	Fibras.....	37
4.5.5	Cinzas.....	38
4.5.6	Umidade	38
4.5.7	Minerais	38
4.6	PRODUÇÃO DOS BIOCAMPÓSITOS	38
4.6.1	Preparo e inoculação do substrato residual.....	38

4.6.2	Secagem dos corpos de prova dos biocompósitos.....	40
4.7	ANÁLISES DOS BIOCOMPÓSITOS	41
4.7.1	Influência da imersão em água.....	41
4.7.2	Influência da umidade do ar.....	42
4.7.3	Resistência a compressão.....	42
4.7.4	Densidade aparente	43
4.7.5	Análise estatística.....	43
5	RESULTADOS	44
5.1	PRODUÇÃO DOS COGUMELOS	44
5.2	BIOCOMPÓSITOS DE SUBSTRATO RESIDUAL.....	48
	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS.....	60
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

O setor de alimentos e bebidas representa uma importante base econômica para o país, sendo que em Santa Catarina, o setor é o segundo maior empregador e o primeiro em exportações (FIESC, 2022). O aumento do consumo de produtos industrializados que necessitam de acondicionamento em embalagens, resulta no aumento da geração de resíduos sólidos industriais, que se não destinado corretamente pode trazer impactos ambientais negativos.

Embalagens são ferramentas à disposição da sociedade que devem ser usadas quando trazem um benefício, devendo aportar ganhos ambientais, sociais e econômicos para a cadeia na qual está inserida (KARASKI, 2016). Diferentes materiais estão disponíveis para o setor de embalagens, destacando-se os de papel, cartolina, papel cartão e papelão ondulado, os quais representam no Brasil, a segunda maior participação no valor de produção, com previsão de atingir 31,7% do montante de R\$ 110,9 bilhões em 2021 (ABRE, 2022).

Para atender a diferentes nichos de mercado, as embalagens com celulose são largamente utilizadas em combinações com outras matérias-primas, tornando-se difícil a reciclagem por meio dos métodos tradicionais. Um exemplo disso são as embalagens termoformadas compostas por papel cartão *Solid Bleached Sulfate* (SBS) revestido com politereftalato de etileno (PET), cuja aplicação no segmento alimentício para a conservação de pratos congelados é significativa (SANEJA *et al.*, 2017; VENZON, 2018). Enquanto o papel cartão é de fácil degradabilidade na natureza, o PET é um polímero extremamente resistente a este fenômeno, levando muitos anos para se decompor na natureza (ALFAHDAWI, 2019).

Dependendo da escala produtiva, uma indústria produtora desse padrão de embalagem é capaz de gerar por mês cerca de 40 toneladas de resíduo desse material, os quais são destinados a aterros (FERRI, 2015). Uma alternativa para o aproveitamento deste resíduo poderia ser sua utilização como substrato para a produção de cogumelos comestíveis do gênero *Pleurotus*.

Este gênero faz parte do grupo denominado de “fungos da podridão branca”, capazes de degradar tanto a celulose quanto a lignina por meio de um complexo enzimático de celulase e enzimas ligninolíticas (CHANG e MILES, 2004).

A variedade de substratos metabolizáveis, a facilidade na manutenção das condições de cultivo e os elevados valores gastronômicos e nutricionais resultaram

no aumento da produção de cogumelos do gênero *Pleurotus* no mundo (CHANG e MILES, 2004). Os cogumelos desse gênero ocupam a segunda posição na produção mundial, correspondendo a 25%. No Brasil, esse grupo também ocupa a segunda posição, e estima-se que sua produção represente mais de 16% do total de cogumelos frescos produzidos no país (AMAZONAS, 2013).

Embora os materiais de origem fúngica sejam amplamente utilizados em produtos industriais, o grande potencial biotecnológico dos fungos ainda é pouco estudado. Visando contribuir na busca de soluções para problemas ambientais, alguns estudos foram realizados a fim de avaliar a degradação de materiais poliméricos por fungos do gênero *Pleurotus* (FARIA, WISBECK e DIAS, 2015; DAMBRÓS *et al.*, 2014). Faria, Wisbeck e Dias (2015), ao avaliarem a biodegradação de PET reciclado por *Pleurotus ostreatus*, observaram uma perda de massa de 3,3% após 45 dias de biodegradação. Já, Dambrós *et al.* (2014) quando avaliaram a biodegradação de PET por 150 dias por ação do *Pleurotus djamor*, verificaram o crescimento micelial sobre o material polimérico com perdas de massa em torno de 0,9 % para PET. Estes resultados mostram que o gênero *Pleurotus* pode crescer em ambiente contendo PET.

Ainda, sabe-se que além da produção de cogumelos, a incubação de micélio fúngico com resíduos vegetais (lignocelulósicos) pode proporcionar o desenvolvimento de biocompósitos biodegradáveis, uma alternativa sustentável para muitos materiais à base de petróleo (ATTIAS *et al.*, 2020). Após o cultivo dos cogumelos nos resíduos lignocelulósicos, ainda existe um resíduo denominado substrato residual (GERN *et al.*, 2010) que, por sua vez, pode ser utilizado no desenvolvimento destes biocompósitos miceliais.

Os biocompósitos a base de micélio, têm propriedades personalizáveis com base em sua composição e processo de fabricação, podendo substituir espumas, madeira e plásticos em aplicações como isolamento, núcleos de portas, painéis, pisos, armários e outros móveis. Devido à sua baixa condutividade térmica e alta absorção acústica, mostram-se uma promessa particularmente interessante para uso como espumas de isolamento térmico e acústico. Suas propriedades positivas, além dos custos reduzidos, simplicidade de fabricação e sustentabilidade ambiental, sugerem que eles poderão desempenhar um papel significativo no futuro da construção verde (JONES *et al.*, 2020).

Durante o processo de formação do biocompósito, o micélio fúngico decompõe o resíduo lignocelulósico enquanto o coloniza gradualmente, cobrindo-o com uma

rede tridimensional de micélio, atuando tanto como fibra quanto como material de ligação. Quando seco, esse complexo fornece um biocompósito poroso produzido naturalmente (ATTIAS *et al.*, 2020).

Considerando que o resíduo de papel cartão SBS revestido com PET possui potencial para o cultivo de *Pleurotus sajor-caju* e que o micélio fúngico pode agir como ligante dos fragmentos de resíduo, propõe-se a produção de cogumelos a partir deste resíduo industrial e posterior produção de biocompósitos a partir do substrato residual do cultivo de cogumelos, colonizado por *Pleurotus sajor-caju*. Este trabalho visa ampliar o aproveitamento e agregar valor aos resíduos industriais, contribuindo para diminuição dos impactos ambientais negativos gerados pelo descarte destes resíduos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a produção de cogumelos de *Pleurotus sajor-caju* e a produção de biocompósitos utilizando resíduo de papel cartão *Solid Bleached Sulfate* (SBS) revestido com PET.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a produção de *Pleurotus sajor-caju* utilizando papel cartão *Solid Bleached Sulfate* (SBS) revestido com PET em frações de inóculo de 30 e 50%.
- b) Definir qual a melhor fração de inóculo a ser utilizada, analisando os parâmetros produtivos como rendimento, eficiência biológica, produtividade e perda de matéria orgânica.
- c) Analisar os cogumelos em termos nutricionais.
- d) Avaliar o substrato residual na produção de biocompósitos por *Pleurotus sajor-caju*.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

De acordo com a NBR 10.004, os resíduos sólidos são definidos como “[...] resíduos nos estados sólidos ou semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição” (ABNT, 2004). Os resíduos são classificados de acordo com a identificação do processo ou atividade que os originaram, assim como, o potencial de risco ao ambiente e a saúde pública.

As atividades industriais geram resíduos sólidos com diferentes propriedades que, se não depositados ou descartados adequadamente, têm o potencial de causar diversas doenças, prejudicar o meio ambiente e reduzir a qualidade de vida. Diante deste cenário, a indústria vem sofrendo pressão ao longo dos anos para que, além de ter produtos de qualidade, também implemente planos e estratégias ambientais para limitar seu impacto ao meio ambiente (ROSA *et al.*, 2020).

Como resultado, as indústrias estão utilizando novas tecnologias e identificando oportunidades para reduzir a geração de resíduos, propiciar o seu uso ou ainda melhorar o processo de destinação, estabelecendo melhorias contínuas nos sistemas de produção e no seu desempenho ambiental. Para reduzir os impactos, é necessário implementar uma estratégia ambiental, que depende de diversos fatores, como a regulamentação ambiental, a reputação da organização, a iniciativa dos gestores e as necessidades dos consumidores (TOCCHETTO, 2005).

No Brasil, a Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece um conjunto de princípios e ações adotados pelo governo federal, visando a gestão integrada e o gerenciamento ambiental apropriado desses resíduos. Um dos principais objetivos da PNRS é o incentivo à não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Em diferentes práticas industriais geram-se elevadas quantidades de resíduos orgânicos, um dos recursos mais ricos em energia do planeta. Apesar da maior parte desses resíduos serem biodegradáveis, destiná-los para aterro é um desperdício, tanto de espaço, quanto na perda de materiais com grande potencial e baixo custo.

Em função disto, tem havido grande aumento no interesse da utilização dessa biomassa em processos biotecnológicos (NIGAM e PANDEY, 2009).

3.2 SETOR DE EMBALAGENS

A embalagem tem sido historicamente importante para o desenvolvimento do comércio e o desenvolvimento das cidades. Seu objetivo é conter, proteger, viabilizar o transporte dos produtos, despertar o desejo de compra, transmitir informações, comunicação, ser suporte de ações promocionais, conquistando o consumidor por meio de seu visual atraente e comunicativo (MESTRINER, 2002).

Além de conter e proteger os produtos, nos últimos anos surgiram novas demandas em embalagens, propiciando a criação de embalagens ativas e inteligentes. As embalagens ativas possuem agentes aditivos que interagem com o produto, protegendo, prolongando a vida de prateleira e preservando as propriedades sensoriais (BRAGA e SILVA, 2017). Já as embalagens inteligentes, são capazes de monitorar a qualidade do produto em tempo real, rastrear os pontos críticos de processo e de controle, e fornecer informações mais detalhadas de toda a cadeia alimentícia (TEIXEIRA, SOARES e STRINGHETA, 2021).

Segundo a Associação Brasileira de Embalagens, a produção da indústria de embalagem apresentou uma contração de 3,0% no ano de 2021, após quatro anos consecutivos de resultado positivo na produção, com crescimento em 2017 de 1,9%, 2018 de 2,6%, 2019 de 3,1% e 2020 de 0,4%. Porém, o valor bruto da produção física de embalagens tem previsão de atingir o montante de R\$ 110,9 bilhões neste ano, um aumento de 31,1% em relação ao ano anterior (ABRE, 2022).

As embalagens estão presentes em diversos setores, destacando-se a indústria de alimentos, na qual sua finalidade é promover a proteção e conservação dos alimentos, sendo veículo de informação ao consumidor e auxiliando na venda do produto. Diferentes materiais são utilizados na fabricação de embalagens de alimentos, com destaque para: plástico, metal, vidro e celulose. As principais propriedades das embalagens para conservação de alimentos são: barreira a gases, aromas, luz, água e microrganismos, e resistência mecânica (LANDIM *et al.*, 2016).

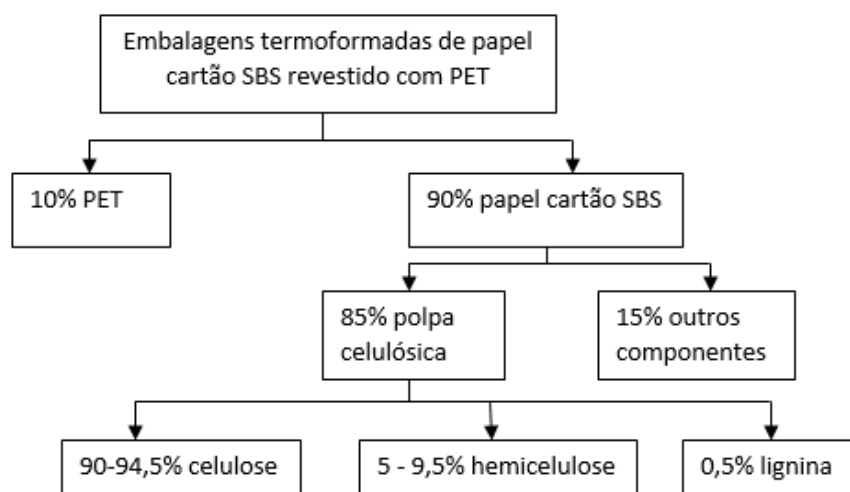
Na busca de atender todas essas funções, a um custo adequado e que resulte num produto competitivo, há o desenvolvimento de materiais combinados. As

embalagens multicamadas se destacam e podem ser cartonadas, laminadas, etc. As laminadas consistem em materiais sobrepostos, como filmes plásticos, metalizados e/ou de papel e, caso uma das camadas seja papel cartão, as embalagens são chamadas de cartonadas. Essa mistura de materiais amplia a gama de produtos que podem ser embalados, mas dificulta sua reciclagem (DANTAS, 2000; LANDIM *et al.*, 2016).

Embalagens para alimentos pré-prontos têm sido cada vez mais utilizadas devido a mudança do estilo de vida da população, que busca alimentos de maior praticidade no preparo, principalmente que possam ser aquecidos em forno de micro-ondas (ITO, 2009).

Uma destas embalagem para alimentos pré-prontos para consumo são formadas por papel cartão SBS revestido com PET, sua composição (Figura 1) apresenta polímeros orgânicos como celulose e hemicelulose, além do polímero sintético PET que possui em sua composição uma estrutura química com anéis aromáticos similares a lignina (RAINERT, 2017).

Figura 1 - Composição do papel cartão SBS revestido com PET empregado na produção de embalagens de alimentos.



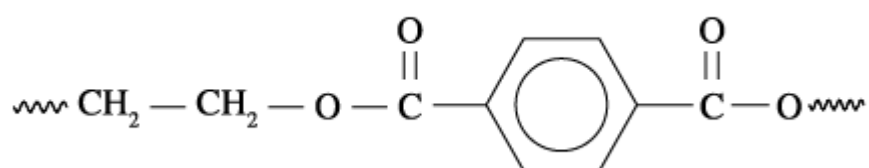
FONTE: Adaptado de Ferri (2015).

O papel cartão SBS é composto apenas por camadas de celulose branqueada (capa, verso e miolo). Reconhecido por suas excelentes características de superfície e impressão, dá amplo escopo para projetos estruturais inovadores e podem ser gravados, cortados, vincados, dobrados e colados com facilidade. Por ser composto de celulose branqueada, tem pureza suficiente para garantir a segurança do produto

alimentar, tornando-o a melhor escolha para embalagens de produtos sensíveis ao aroma e sabor, como embalagens de chocolate, produtos congelados, refrigerados e pré-prontos, além de cosméticos e produtos farmacêuticos (CRUZ, 2016; KIRWAN, 2011).

O PET é um polímero termoplástico, com estrutura parcialmente alifática e aromática (Figura 2), semicristalino e membro comercialmente mais importante da família dos poliésteres, resultante da reação do ácido tereftálico (TPA) ou dimetiltereftálico (DMT) e do etileno glicol (EG). Por ter uma estrutura molecular regular, o PET tende a favorecer o empacotamento de cadeias formando as regiões cristalinas. Dependendo das condições de processamento e das propriedades térmicas, o PET pode existir tanto em material amorfo (transparente), quanto em um material semicristalino (opaco) (SOARES JR, 2010).

Figura 2 – Unidade de repetição da estrutura molecular do PET.



Fonte: Ferreira, Fonseca e Saron (2011).

3.3 FUNGOS BASIDIOMICEDOS E O GÊNERO *PLEUROTUS*

O reino Fungi é um dos grupos que possuem maior diversidade na Terra, habitam diversos ambientes como solo, água do mar e água doce, além de poderem viver associados a animais, insetos, plantas e detritos. O reino é composto por fungos filamentosos multicelulares (cogumelos e bolores) e unicelulares (leveduras), são organismos eucariotos, e sua parede celular é composta por glucanas e quitina. Os fungos obtêm nutrientes por meio da absorção de compostos orgânicos como fontes de carbono e energia, podendo sobreviver em uma ampla variedade de compostos orgânicos (TAKAHASHI *et al.*, 2017).

Mais de 100.000 espécies do reino Fungi já foram identificadas até o momento, com cerca de 1.200 novas espécies descobertas a cada ano. Estimativas conservadoras sobre o número total de espécies ultrapassam 1,5 milhão, colocando os Fungi como segundo maior grupo, somente suplantado pelos insetos. Atualmente,

a maioria dos micólogos reconhece seis grupos de fungos: Microsporidia, quitrídios, zigomicetos, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota (EVERT e EICHHORN, 2018)

Os fungos possuem um poderoso conjunto de enzimas que decompõem substâncias orgânicas, incluindo a lignina e a celulose da madeira, além disso, frequentemente causam prejuízos pois atacam quase qualquer tipo de material, incluindo tecidos, tintas, couro, ceras, combustíveis, petróleo, madeiras, papéis, isolamentos de cabos e fios, filmes fotográficos e até mesmo lentes de equipamentos ópticos (EVERT e EICHHORN, 2018).

Porém, alguns destes fungos são comestíveis e chamados de cogumelos, pertencentes ao filo Basidiomycota e muito nutritivos, com um valor nutricional que pode ser comparado aos ovos, leite e a carne (SANCHEZ, 2010). Das espécies de cogumelos comestíveis atualmente no mundo, cerca de 2 mil são conhecidas. O cogumelo mais cultivado em todo mundo é o *Agaricus bisporus*, originário da França, sendo responsável por 38% da produção mundial. As principais regiões produtoras são Europa, América do Norte, China e Austrália. Em seguida temos os cogumelos do gênero *Pleurotus*, de origem asiática, que ocupa a segunda posição na produção mundial, correspondendo a 25% da mesma. Do gênero *Pleurotus* são cultivadas várias espécies de cogumelos que incluem o *P. ostreatus*, *P. djamor*, *P. ostreatoroseus*, *P. eryngii*, *P. pulmonarius* e *P. citrinopileatus*. Em terceiro lugar temos *Lentinula edodes*, amplamente produzido no Japão, China e Coreia, representando 10% da produção mundial de cogumelos cultivados (AMAZONAS, 2013).

No Brasil, a principal espécie comercializada é o *Agaricus bisporus* (também conhecida como Champignon ou Portobello). As espécies do gênero *Pleurotus* (conhecidas como Shimeji, Hiratake ou Eryngii) ocupam o segundo lugar em quantidade comercializada no Brasil, seguida pela espécie *Lentinula edodes* (conhecida como Shiitake), que podem ser observadas na Figura 3 (ISHIKAWA, 2017).

Os fungos são capazes de sintetizar a maioria dos compostos complexos necessários para os organismos vivos realizarem suas atividades vitais, com requisitos nutricionais relativamente simples. O carbono é um composto essencial, fornece energia para o fungo, além de fornecer os átomos de carbono que constituem o esqueleto das moléculas orgânicas que compõem as células, incluindo os lipídios das membranas, os polissacarídeos das paredes celulares, os ácidos nucléicos e as

proteínas. O nitrogênio também deve ser fornecido no meio e é constituinte dos aminoácidos (que compõem as proteínas), purinas, pirimidinas e algumas vitaminas, além de ser um constituinte do polissacarídeo quitina, que é um componente da parede celular de muitos fungos. O nitrogênio pode aumentar o rendimento da produção de cogumelos quando corretamente dosado, caso contrário, altas dosagens deste elemento podem inibir o crescimento fúngico (CHANG e MILES, 2004).

Figura 3 - *Agaricus bisporus* (A), *Pleurotus ostreatus* (B) e *Lentinula edodes* (C).



Fonte: International Mushroom for Science (2022).

Em resumo, qualquer material orgânico que contém lignina e celulose pode ser utilizado como substrato para o crescimento de *Pleurotus*, o que inclui quase todos os resíduos agroindustriais. Estudos demonstram que cerca de 200 resíduos diferentes já foram utilizados, dando maior poder de escolha ao produtor e valorizando os diferentes resíduos (KANG, 2004).

Diferentes estudos já foram realizados utilizando resíduos agroindustriais para o cultivo de *P. sajor-caju*. Bagaço de malte misturado com folhas de bananeira foi utilizado por Schulz (2016). Singh, Maurya e Singh (2019), avaliaram a produção dos cogumelos com resíduos de palha de arroz, palha de trigo, folhas e talos de milho, folhas e talos de palha de sorgo, folhas de cana-de-açúcar e bagaço de cana-de-açúcar, sendo o resíduo de palha de arroz o que apresentou melhor condição.

Resíduos de papel, suplementados com turfa, esterco de galinha e casca de arroz, foram utilizados por Baysal *et al.* (2003) no cultivo de *P. ostreatus*. A maior produção de cogumelos foi obtida com substrato contendo maior quantidade de casca de arroz (20%), enquanto o aumento do esterco de galinha teve um efeito negativo no crescimento.

Grimm *et al.* (2021) empregaram rejeitos de fibra de celulose, provenientes da reciclagem de papel, como substrato no cultivo de *P. ostreatus*. Três condições foram testadas, com 40, 60 e 80% de rejeitos, obtendo eficiência biológica entre 29 e 36%.

Resíduos de papel, suplementados com talos de milho e farelo de trigo foram utilizados como substrato por Tesfay *et al.* (2020) no cultivo de *P. ostreatus*. A maior eficiência biológica ($64,64 \pm 273\%$) foi obtida a partir de resíduos de papel (50%) suplementados com talo de milho (25%) e farelo de trigo (25%), enquanto a menor eficiência biológica ($17,92 \pm 81,95\%$) foi observada com 100% resíduos de papel.

3.4 MATERIAIS COMPÓSITOS

De acordo com a norma ASTM D3878-20b, compósito é uma substância que consiste de dois ou mais materiais, insolúveis entre si, que são combinados para formar um material de engenharia útil, que possui certas propriedades que não se encontram nos materiais isoladamente (ASTM, 2020).

Os compósitos são formados basicamente por duas fases diferentes conhecidas como reforço e matriz. A matriz confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços entre os materiais de reforço, mantendo-o em sua posição. Já o reforço, normalmente proporciona força e rigidez, mas também pode aumentar a resistência ao calor, corrosão e condutividade (VENTURA, 2009).

Desde a antiguidade os compósitos vêm sendo utilizados, como por exemplo, os tijolos, que eram produzidos a partir do barro e capim seco, formando assim um compósito. Os primeiros compósitos à base de fibras, com fibra de vidro, foram desenvolvidos em meados do século XVIII, mas só foram comercialmente utilizados a partir do ano de 1939, no decorrer da Segunda Guerra Mundial. Após a guerra mundial apareceram as primeiras “fibras avançadas”, primeiramente as fibras de boro no final da década de 1950 e por fim as fibras de carbono no final da década de 1960 (PEREIRA, 2017).

No entanto, os compósitos de micélio, chamados de biocompósitos, são uma classe emergente de materiais baratos e ambientalmente sustentáveis, que vem despertando crescente interesse em pesquisa e comercialização na União Europeia e nos Estados Unidos para aplicações de construção. Esses materiais utilizam o crescimento natural de fungos como um método de biofabricação de baixa energia

para reciclar subprodutos e resíduos agrícolas abundantes em alternativas mais sustentáveis para materiais de construção sintéticos (JONES *et al.*, 2020).

Durante a produção dos biocompósitos, em sua fase de crescimento, o micélio fúngico decompõe a matéria vegetal enquanto coloniza gradualmente o substrato, cobrindo-o com uma rede tridimensional de micélio, atuando tanto como fibra quanto como material de ligação. Finalmente, quando seco, esse complexo fornece um biocompósito poroso produzido naturalmente, como pode ser observado na Figura 4. Considerando a taxa de crescimento rápido do micélio, seus requisitos limitados de irrigação, sua capacidade de consumir e utilizar resíduos de plantas e suas propriedades mecânicas e estéticas exclusivas, sua implementação em cadeias de valor industriais pode fornecer uma solução para melhorar os padrões de ciclo de vida de futuros produtos (ATTIAS *et al.*, 2020).

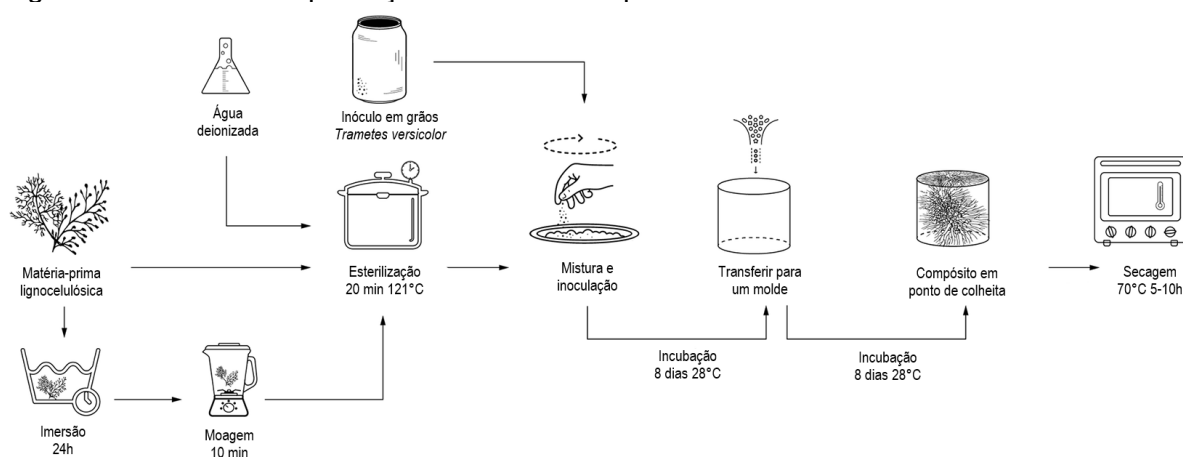
Figura 4 - Algumas etapas da produção de biocompósitos: vinhedo com resíduos de poda, utilizado como substrato (A), desenvolvimento de micélio em placa de Petri (B) e micélio se incorpora totalmente ao substrato, formando biocompósito (C).



Fonte: Attias *et al.* (2020).

O processo mais detalhado de fabricação de um biocompósito, utilizado por Elsacker *et al.* (2019), pode ser observado na Figura 5. A matéria-prima lignocelulósica (substrato) é preparada por imersão, moagem e esterilização. Em seguida, o substrato preparado é misturado com água deionizada esterilizada e com o inóculo. O material fica incubando e após é transferido para o molde, onde passa por mais um período de incubação para recolonização da espécie fúngica. Após esta etapa o material é seco, e o biocompósito está pronto. Para outras matérias-primas o mesmo processo pode ser seguido, podendo necessitar alguma variação dependendo do substrato e do fungo utilizado.

Figura 5 - Processo de produção de um biocompósito.



Fonte: Elsacker *et al.* (2019) modificado.

Um número crescente de empresas e patentes relacionadas a materiais de micélio foi detectada na última década. Uma das principais empresas neste ramo é a Ecovative Design LLC, com foco em produtos de embalagem protetora e materiais de isolamento para substituir os materiais tradicionais à base de poliestireno. Outra empresa que explora compósitos de micélio é a MycoWorks Inc. Algumas das primeiras explorações em tijolos à base de micélio foram conduzidas pelo fundador Philip Ross e pesquisadores associados. A empresa atualmente se concentra na produção de substitutos de couro à base de micélio. Outra empresa líder que explora o potencial industrial de compósitos à base de micélio é o Mogu, que desenvolve alternativas sustentáveis para aplicações de design de interiores e produtos, com foco em pisos e telhas acústicas (ATTIAS *et al.*, 2020). Alguns produtos à base de micélio, produzidos por estas empresas, podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - Produtos à base de micélio.



Fonte: Ecovative (A), MycoWorks (B) e Mogu (C).

Na literatura, diversos trabalhos recentes estudaram a produção de biocompósitos fúngicos. Bruscato *et al.* (2019) utilizaram os fungos *Pycnoporus sanguineus*, *P. albidus* e *Lentinus velutinus* nos substratos de serragem e farelo de trigo para obtenção de uma bioespuma que poderia ser utilizada como substituto ao poliestireno expandido (EPS) em algumas aplicações.

Biocompósitos fúngicos para composição de quadros de isolamento foram cultivados por Ridzqo *et al.* (2020), usando fibras de bambu como substrato. As placas obtidas com o crescimento do fungo *Ganoderma lucidum* mostraram-se uma alternativa viável para utilização na área interna de construções.

Deshamps (2020) avaliou a produção de biocompósitos obtidos do cultivo de *P. sajor-caju* em substrato fresco e residual composto por bagaço de malte e folhas de bananeira. Ambos os substratos apresentaram potencial para produção de biocompósitos, no entanto, o substrato residual promoveu uma maior resistência à compressão.

Vega (2021) estudou a produção de um biocompósito gerado a partir do micélio de *P. ostreatus*, em substrato de serragem e cavacos de carvalho com espigas de milho, obtendo um biomaterial que pode ser utilizado como alternativa em construções não estruturais, embalagem e aplicações em arquitetura, decoração e fabricação de móveis.

O crescimento micelial fornece um método único de biofabricação para transformar subprodutos e resíduos agrícolas abundantes em alternativas baratas e ambientalmente sustentáveis, com o potencial de contribuir significativamente para o futuro da construção verde. Os biocompósitos são adequados para aplicações de

isolamento térmico e acústico, exibindo condutividades térmicas semelhantes ou mais baixas do que os materiais de isolamento térmico comerciais e entre 70-75% de absorção acústica, além de exibirem melhores propriedades de reação e segurança ao fogo. No entanto, suas propriedades mecânicas típicas de espuma, como alta absorção de umidade, além de muitas lacunas na documentação de propriedade do material, atualmente limitam a aplicação e o uso de materiais de micélio, tornando necessário mais pesquisas e desenvolvimento em relação a estes biomateriais (JONES *et al.*, 2020).

4 METODOLOGIA

4.1 MICRORGANISMO E MANUTENÇÃO

A espécie utilizada foi *Pleurotus sajor-caju* obtida da Coleção de Culturas de Basidiomicetos do Instituto de Botânica (São Paulo/SP) sob o código CCB 019. A linhagem foi mantida em meio TDA (Trigo Dextrose Ágar) (FURLAN *et al.*, 1997). As placas foram conservadas em refrigerador (4 °C) e os repiques realizados a cada 3 meses.

4.2 RESÍDUO UTILIZADO

O resíduo utilizado neste trabalho (Figura 7) foi oriundo do processo de termoformagem de embalagens para alimentos, composto por papel cartão do tipo SBS revestido com PET, e fornecido pela empresa Baumgarten Gráfica Ltda., do município de Blumenau – SC.

Figura 7 - Aparas de papel cartão SBS revestido com PET provenientes do processo de termoformagem de embalagens para alimentos.



Fonte: O autor (2022).

4.3 PRODUÇÃO DOS COGUMELOS

4.3.1 Preparo do inóculo

O inóculo foi constituído por grãos de trigo colonizados com micélio de *P. sajor-caju*. Os grãos de trigo foram cozidos em água destilada durante 10 min (após início da fervura) na proporção 1:2 (massa seca de trigo : volume de água, m/v). Os grãos cozidos foram drenados e suplementados com 0,35 % de carbonato de cálcio (CaCO_3) e 1,3 % de sulfato de cálcio (CaSO_4) em massa. A adição destes componentes teve a finalidade de manter o pH alcalino e deixar os grãos descompactados. Em seguida, os grãos foram embalados (250 g de grãos de trigo por pacote de polipropileno 200x300 mm) e, então, esterilizados em autoclave a vapor (QUIMIS, Q-190-22) a 121 °C durante 1 h. Posteriormente, cada pacote foi inoculado com 3 discos de 8 mm de diâmetro do meio TDA contendo o micélio fúngico. Após a inoculação, os pacotes foram incubados a 28°C, em ausência de luz, até a completa colonização da superfície do grão pelo micélio fúngico e, por fim, foram mantidos sob refrigeração a 4°C até o uso (BONATTI *et al.*, 2004).

4.3.2 Preparo do substrato

O resíduo de papel cartão SBS revestido com PET, definido como substrato, foi fragmentado em partículas de 2 x 10 mm em fragmentadora de papel (fragmentadora micropartículas Secreta 9520) e imerso em água por 24 horas (Figura 8). Após este período, o excesso de água foi escorrido e o substrato úmido foi embalado em pacote de polipropileno (28 x 40 cm), na proporção de 150 g de massa seca de substrato e adicionados 5 % de farelo de arroz. Os pacotes foram fechados com respiro de espuma, para troca gasosa, e esterilizados a 121°C por uma hora. A inoculação foi feita em câmara de fluxo laminar usando-se 30% ou 50% de inóculo em relação à massa de substrato seco. A incubação se deu na ausência de luz, em estufa com circulação forçada de ar, a 30°C, até a completa colonização do substrato pelo micélio fúngico. O tempo (dias) desde a inoculação até a completa colonização do substrato pelo micélio fúngico foi contabilizado para cada fração de inóculo utilizada e definido como tempo de crescimento micelial (tc).

Figura 8 - Papel cartão SBS revestido com PET fragmentado (2 x 10mm) e imerso em água.



Fonte: O autor (2020).

4.3.3 Indução e colheita

Após a completa colonização do substrato pelo micélio fúngico, foi realizada a indução dos primórdios por meio da perfuração, de ambos os lados dos pacotes de polipropileno, com orifícios de aproximadamente 0,5 cm e exposição destes à luz por um período de 12 horas/dia, com umidade relativa do ar em torno de 90 % e temperatura de 28 ± 2 °C (Figura 9) até a formação dos cogumelos (BONATTI *et al.*, 2004) em câmara de cultivo com temperatura e umidade controlada.

Figura 9 - Pacotes de papel cartão SBS revestido com PET colonizados por *P. sajor-caju* e dispostos na câmara de cultivo.



Fonte: O autor (2020).

Identificou-se o ponto de colheita de forma visual, conforme descrito por Sturion (1994), estabelecido no momento em que as margens do píleo se apresentassem

planas (Figura 10), estágio precedente a esporulação. O procedimento adotado foi a colheita da totalidade dos cogumelos do primeiro fluxo produtivo, quando os de maior tamanho atingiram o ponto de colheita, independentemente do tamanho dos demais.

Figura 10 - Cogumelo de *P. sajor-caju* em ponto de colheita.



Fonte: O autor (2020).

Os cogumelos foram colhidos com o auxílio de um estilete, colocados em bandejas e pesados em balança-analítica (METTLER PM 4800) para determinação da massa úmida. Em seguida, foram desidratados a 40 °C por 24 h em estufa (QUIMIS – 396/0) com circulação de ar forçada, e a massa de cogumelos secos foi determinada.

4.4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS PRODUTIVOS

Os experimentos foram realizados em 8 replicatas, nas quais avaliou-se o rendimento (%), a eficiência biológica (%), produtividade (g/dia) e perda de matéria orgânica (%).

4.4.1 Rendimento

Para determinação do rendimento (R %) de produção de cogumelos *P. sajor-caju*, foi utilizada a relação proposta por Chang, Lau e Cho (1981), que relaciona a massa úmida dos cogumelos e a massa de substrato seco, conforme a Equação 1.

$$R (\%) = \frac{\text{Massa úmida dos cogumelos}}{\text{Massa de substrato seco}} * 100 \quad (1)$$

A massa de substrato seco corresponde a 150 g de resíduo previamente desidratado a 70°C por 24h. A massa úmida dos cogumelos corresponde à massa úmida de cogumelos obtida em cada pacote.

4.4.2 Eficiência biológica

A eficiência biológica (EB %) do processo foi determinada pela relação entre a massa dos cogumelos secos e a massa de substrato seco, conforme Equação 2.

$$EB (\%) = \frac{\text{Massa de cogumelos secos}}{\text{Massa de substrato seco}} * 100 \quad (2)$$

A massa dos cogumelos secos corresponde à massa dos cogumelos obtidos em cada pacote, desidratados a 40 °C por 24 h em estufa.

4.4.3 Produtividade

A produtividade (Pr g/g.dia) do processo foi determinada segundo Holtz (2008), como mostrado na Equação 3. Consiste na relação entre a massa dos cogumelos secos e a massa de substrato seco e o tempo total de cultivo (tempo em dias desde a inoculação até a colheita).

$$Pr(\text{g/g. dia}) = \frac{\text{Massa de cogumelos secos}}{\text{Massa de substrato seco} \cdot \text{Tempo total de cultivo}} \quad (3)$$

4.4.4 Perda de matéria orgânica

A perda de matéria orgânica (PMO %) foi calculada a partir da relação entre a diferença da massa seca do substrato inicial, antes do cultivo, e da massa seca do substrato final, depois da colheita dos cogumelos, pela massa seca de substrato inicial (BONATTI *et al.*, 2004) (Equação 4).

$$PMO (\%) = \frac{\text{Massa seca de substrato inicial} - \text{Massa seca de substrato final}}{\text{Massa seca de substrato inicial}} * 100 \quad (4)$$

Para a determinação da massa seca de substrato inicial dois pacotes de substrato, preparados conforme item 3.3.2, sem serem incubados, foram diretamente secos a 90 °C e a média de massa seca calculada.

A massa de substrato após o cultivo foi composta pela média das massa dos pacotes após o cultivo, secos a 90°C.

4.5 ANÁLISE DOS COGUMELOS

Os cogumelos foram misturados e triturados com o auxílio de liquidificador, almofariz e pistilo. A amostra homogênea foi seca em estufa a 105°C até massa constante (SILVA, 1981).

As análises de proteínas, lipídeos, fibras, cinzas, fósforo, potássio, sódio, chumbo e mercúrio para os cogumelos foram realizadas em laboratório terceirizado (Laboran), acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro – CGCRE. Sabe-se que o gênero *Pleurotus* tem o poder de bioacumular metais pesados (STURION e RANZANI, 2000), por este motivo, foram avaliados os teores de chumbo e mercúrio.

4.5.1 Carboidratos totais

O teor de carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo-se de 100 % a soma dos valores obtidos nas determinações de proteínas, lipídeos, fibras, cinzas e umidade segundo a metodologia proposta na Resolução nº 360 de 23/12/2003 da ANVISA (BRASIL, 2003).

4.5.2 Proteínas

A análise de proteína foi realizada pelo método Kjeldahl modificado, por meio de uma digestão ácida segundo método 36 e 37/IV (IAL, 2005). Foi pesado 1g da amostra em papel de seda e transferida para um balão Kjeldahl, acoplado a um sistema de destilação, e adicionado 25 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 g de mistura catalítica (dióxido de titânio anidro, sulfato de cobre anidro e sulfato de potássio anidro, na proporção 0,3:0,3:6). A mistura foi aquecida em chapa elétrica, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Foi aquecida por mais uma hora e resfriada. Adicionou-se 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1 g de zinco em pó. A extremidade do destilador, onde será recolhido

a amônia formada, foi mergulhada em 25 mL de ácido bórico 0,033 M, contido em frasco Erlenmeyer de 500 mL com 3 gotas do indicador vermelho de metila. Adicione ao frasco que contém a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, solução de hidróxido de sódio a 30% até garantir um ligeiro excesso de base. Aqueça à ebulição e destile até obter cerca de (250-300) mL do destilado. A solução de hidróxido de amônio foi titulada diretamente com a solução de ácido sulfúrico 0,05 M, usando vermelho de metila. O teor de proteína bruta foi calculado através da multiplicação do teor de nitrogênio total pelo fator de correção 6,25. No entanto, foi recalculado pelo fator de correção 4,38 proposto por Miles e Chang (1997), para cogumelos.

4.5.3 Lipídeos

O teor de lipídios foi determinado por meio da extração das amostras com éter, segundo método 032/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). Foi pesado 2,0 a 5,0g da amostra em cartucho de Soxhlet e após, o cartucho foi transferido ao extrator tipo Soxhlet. Um balão de fundo chato, previamente tarado a 105°C, foi acoplado ao extrator e adicionado éter. O conjunto foi conectado a um refrigerador de bolas. Este conjunto foi aquecido em chapa elétrica à extração contínua por 8 horas, arrastando toda fração gordurosa e demais substâncias solúveis em éter. O éter foi recuperado, enquanto o lipídio extraído foi seco em estufa a 105°C por cerca de uma hora. O teor de lipídeos foi calculado pela relação entre a massa de lipídeos e a massa inicial da amostra.

4.5.4 Fibras

A fibra bruta foi estimada segundo método 044/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). Foi pesado 2 g da amostra e feito extração contínua em aparelho de Soxhlet, usando éter como solvente. O resto de solvente foi eliminado por aquecimento em estufa. O resíduo foi transferido para um frasco Erlenmeyer de 750 mL, com boca esmerilhada. Foi adicionado 100 mL de solução ácida (composta por 500 mL de ácido acético glacial, 450 mL de água, 50 mL de ácido nítrico e 20 g de ácido tricloracético) e 0,5 g de agente de filtração. O frasco Erlenmeyer foi adaptado a um refrigerante de refluxo por 40 minutos a partir do tempo em que a solução ácida foi adicionada, mantendo sob aquecimento. Filtrou-se a solução em cadinho de Gooch previamente preparado com areia diatomácea e com auxílio de vácuo. Lavou-se com água fervente

até que a água de lavagem não teve reação ácida. Lavou-se com 20 mL de álcool e 20 mL de éter, aquecendo em estufa a 105°C, por 2 horas, e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. O material foi incinerado em mufla a 550°C e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se o material e as operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. A quantidade de fibra bruta será igual a quantidade de peso perdida.

4.5.5 Cinzas

O percentual de cinzas foi calculado pela massa da amostra após incineração, segundo método 18/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). Em cápsulas de porcelana previamente secas em mufla foi adicionado 5,0 a 10,0 g de amostra e calcinado a 550°C durante 4 horas. As cápsulas contendo amostra foram resfriadas em dessecador e pesadas em balança analítica. O teor de cinzas foi determinado pela relação entre a massa da amostra após calcinação e a massa inicial da amostra.

4.5.6 Umidade

O teor de umidade foi determinado por meio da diferença de massa das amostras úmidas e secas em estufa a 105°C até obtenção de massa constante, dividida pela massa de amostra úmida (AOAC, 1984).

4.5.7 Minerais

Os teores de potássio, sódio, chumbo e mercúrio foram obtidos de acordo com a metodologia baseada no AOAC (2016) por espectrometria de absorção atômica. O teor de fósforo foi obtido por espectrofotometria atendendo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005) – método 398/VI.

4.6 PRODUÇÃO DOS BIOCOMPÓSITOS

4.6.1 Preparo e inoculação do substrato residual

O substrato residual, formado pelo resíduo de papel cartão SBS revestido com PET após cultivo e colheita dos cogumelos de *P. sajor-caju*, foi chamado de A quando

havia sido inoculado a 30% e de B quando inoculado a 50%. Estes substratos foram secos em estufa a 90 °C, desintegrados (esfarelados) e colocados em sacos de ráfia, separadamente, imersos em água por 12 h e escorridos por, aproximadamente, 2 h (MADAN *et al.*, 1987). Em seguida, foram embalados na proporção 100 g de substrato (em relação à massa de substrato seco) em pacotes de polipropileno (28 x 40 cm). Os pacotes foram fechados com respiros de espuma, fixados com fita crepe e esterilizados em autoclave (QUIMIS, Q-190-22) a 121 °C, durante 2 h.

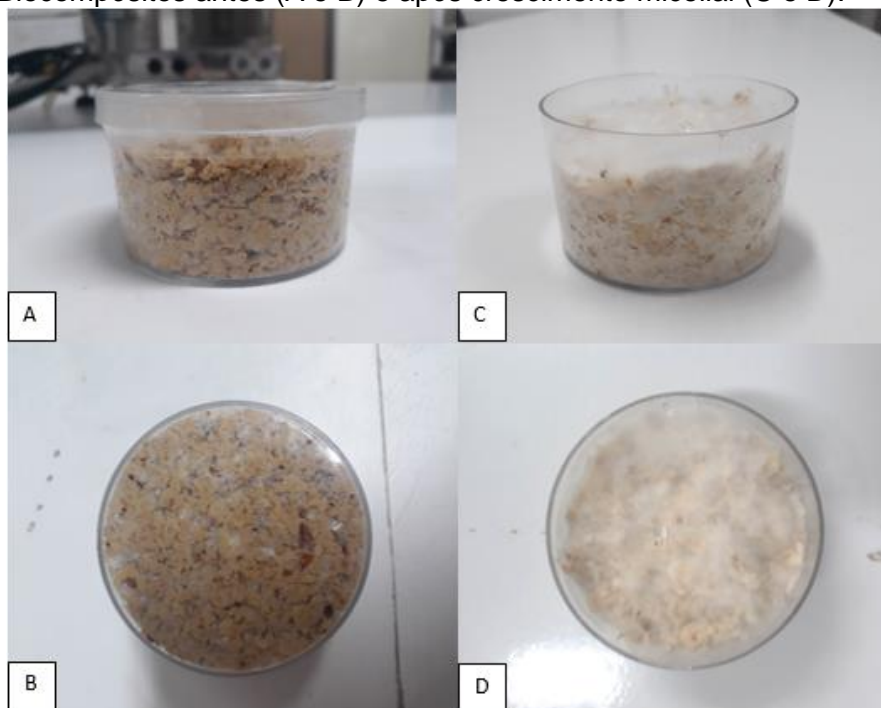
A inoculação, de ambos os substratos A e B, foi feita em cabine de segurança biológica (Veco VLSF-12) usando-se 30% de inóculo de *P. sajor-caju* em relação à massa de substrato seco. Foram preparados cinco pacotes de cada substrato. Os pacotes foram incubados a 30 °C, na ausência de luz, até a completa colonização do substrato pelo micélio fúngico. Esse tempo foi contabilizado e considerado o tempo de crescimento micelial dos biocompósitos (t_c).

Os substratos colonizados foram, então, triturados em processador de alimentos, até obter uma mistura homogênea, padronizando assim os substratos a serem moldados. Os substratos processados foram, então, introduzidos e compactados, assepticamente, em moldeiras plásticas cilíndricas de 6 cm de diâmetro, até atingir 2,5 cm de altura para obter-se os corpos de prova (NBR 8082:2016).

Este procedimento foi realizado em cabine de segurança biológica (Veco VLSF-12). Tanto o processador quanto as moldeiras sofreram um tratamento asséptico com álcool 70%.

As moldeiras foram fechadas e incubadas na ausência de luz, a 30 °C, até a completa recolonização do substrato pelo micélio fúngico. Este tempo (dias) foi contabilizado. O tempo total do processo (t_p) foi contabilizado como sendo t_c + os dias para a completa recolonização fúngica nas moldeiras. Na Figura 11 estão apresentados os biocompósitos antes e após o crescimento micelial.

Figura 11 - Biocompósitos antes (A e B) e após crescimento micelial (C e D).



Fonte: O autor (2021).

4.6.2 Secagem dos corpos de prova dos biocompósitos

Após a completa colonização do substrato, os biocompósitos foram secos em estufa com circulação forçada de ar (SHEL LAB 1370 FX), na temperatura de 60 °C. A massa inicial (M_0) foi anotada e medições de massa foram realizadas a cada 12 horas até obtenção da massa constante (M_f). Com estes dados, curvas de secagem (massa x tempo) foram construídas e a velocidade média de secagem (v – g/dia), foi obtida pela Equação (5), onde t_f era o tempo final de secagem. As massas inicial e final foram diminuídas da massa da moldeira vazia nas duas temperaturas. O teor de umidade inicial (U_i %) foi determinado de acordo com a Equação (6).

$$v(\text{g/dia}) = \frac{M_0 - M_f}{t_f} \quad (5)$$

$$U_i(\%) = \frac{M_0 - M_f}{M_0} * 100 \quad (6)$$

Já, o teor de umidade final (U_f - %) foi definido como a umidade dos corpos de prova considerados como produto final, ou seja, após a secagem a 60°C (M_f). Para o cálculo de U_f (%), três corpos de prova continuaram sendo secos a 90°C até a obtenção de massa constante sem umidade, seguindo a Equação (7).

$$U_f(\%) = \frac{M_f - M_{(90^\circ\text{C})}}{M_f} * 100 \quad (7)$$

Os demais corpos de prova secos a 60°C, foram desenformados e armazenados em dessecador até serem utilizados nas análises (item 4.7).

4.7 ANÁLISES DOS BIOCOMPÓSITOS

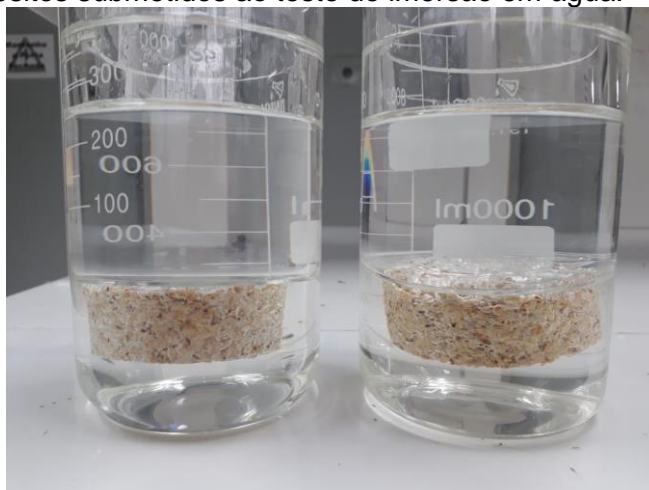
4.7.1 Influência da imersão em água

A análise de sorção de água foi baseada no método de imersão repetida D-570 (ASTM, 1998). Foram selecionados três corpos de prova de cada condição, substrato A e B, que tiveram sua massa inicial (M_0) mensurada e depois foram imersos em água destilada (Figura 12), com pH 7 ± 1 , temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, permanecendo cobertos por uma coluna de 25 ± 5 mm de água durante 2 e 24 h, para verificar a estabilização na sorção de água. Nos tempos determinados, os corpos de prova foram retirados da água e com auxílio de papel absorvente o excesso de água foi removido. A massa (M_1) foi medida e determinado o percentual de sorção de água conforme Equação 8.

$$AA(\%) = \frac{M_1 - M_0}{M_0} * 100 \quad (7)$$

Onde M_1 é a massa (g) do corpo de prova após os tempos de imersão em água e M_0 é a massa inicial.

Figura 12 - Biocompósitos submetidos ao teste de imersão em água.



Fonte: O autor (2022).

4.7.2 Influência da umidade do ar

A fim de verificar a influência do teor de umidade do ar sorvido pelos biocompósitos secos, três corpos de prova de cada biocompósito produzido foram expostos ao ar ambiente com a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente monitoradas durante 60 dias, simulando uma exposição deste material ao ambiente de trabalho. Neste período as amostras foram pesadas (a cada dois dias) e o percentual de sorção de umidade foi calculado de acordo com a Equação 9.

$$U_{ar}(\%) = \frac{M_t - M_0}{M_0} * 100 \quad (9)$$

Onde M_0 é a massa (g) inicial do corpo de prova e M_t é a massa (g) medida a cada tempo de amostragem.

4.7.3 Resistência a compressão

Com o propósito de avaliar a resistência à compressão dos biocompósitos, seis corpos de prova, preparados conforme o item 4.6, foram submetidos ao teste de compressão, que foi realizado em equipamento EMIC de acordo com a NBR 8082 (ABNT, 2016).

A célula de carga utilizada foi de 100000 N e a velocidade de travessa de 5 mm/min. Em cada quadrante do corpo de prova foram medidas a espessura e o

diâmetro com paquímetro, para obtenção de uma espessura inicial média, e diâmetro médio (para o cálculo da área da seção transversal).

A tensão de compressão (σ_c), foi calculada em 10% de deformação, que é a deformação máxima permitida para utilizações práticas. A Equação 10 foi utilizada para calcular a tensão de compressão, que é dada pela razão entre a força de compressão (F) e a área da seção transversal do corpo de prova (A_0).

$$\sigma_c = \frac{F}{A_0} \quad (10)$$

4.7.4 Densidade aparente

A densidade aparente (d) de cada corpo de prova foi calculada conforme a Equação 11 utilizando a massa (m), logo após a secagem a 60°C, e as medidas obtidas antes da compressão para o cálculo do volume (V).

$$d = \frac{m}{V} \quad (11)$$

4.7.5 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram analisados pelo teste estatístico para rejeição de valores desviantes (Teste Q de Dixon), sendo aceitos ou não (RORABACHER, 1991). Foram também submetidos à análise de variância dos valores médios das amostras, através do Teste Tukey com nível de confiança de 95% (ANOVA).

5 RESULTADOS

5.1 PRODUÇÃO DOS COGUMELOS

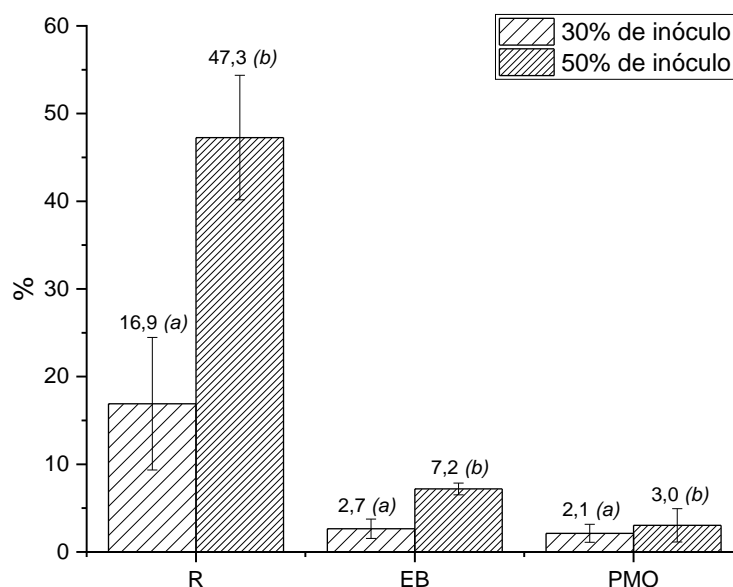
Os substratos de papel cartão SBS revestido com PET, com 30 e 50% de inóculo, apresentaram um tempo de crescimento micelial (tempo para a completa colonização fúngica do substrato nos pacotes) de 12,0 e 11,6 dias, respectivamente, sendo que o tempo não foi influenciado pela fração de inóculo. Este fato não coincide com o que normalmente acontece quando uma maior fração de inóculo é utilizada, ou seja, o favorecimento da velocidade de crescimento micelial.

Santos *et al.* (2021) cultivaram *P. sajor-caju* em substrato composto de papel cartão SBS revestido com PET, utilizando 10% de inóculo, e observaram um tempo de crescimento micelial de 11,8 dias, similar ao encontrado neste trabalho utilizando-se 30 ou 50% de inóculo, corroborando com o fato de que a fração de inóculo não influencia no tempo de crescimento micelial.

Já Silva (2019) cultivou *P. sajor-caju* em substrato composto pela mistura de papel cartão SBS e folhas de bananeira (1:1) (m:m), utilizando 10% de inóculo, e observou um tempo de crescimento micelial de 25,2 dias. Silva (2009), utilizando a mesma espécie fúngica, levou praticamente o dobro do tempo para colonizar o substrato de papel cartão misturado com folhas de bananeira em comparação com o substrato somente de papel cartão, com mesma fração de inóculo, estudado por Santos *et al.* (2021). Este fato pode estar relacionado a quantidade de lignina, que no papel branco (Olund, 2013) é muito menor (0,5%) que nas folhas de bananeira (17,6%) (Bonatti, 2001). Freer e Detroy (1982), afirmam que o teor de lignina dificulta o desenvolvimento do fungo no substrato, aumentando o tempo de crescimento micelial.

Na Figura 13 estão apresentados os resultados em termos de rendimento (R%), eficiência biológica (EB%) e perda de matéria orgânica (PMO%) obtidos do cultivo em papel cartão SBS revestido com PET usando 30 e 50% de inóculo de *P. sajor-caju*.

Figura 13 - Valores médios \pm desvio padrão de Rendimento (R%), Eficiência Biológica (EB%) e Perda de Matéria Orgânica (PMO%) obtidos do cultivo em papel cartão SBS revestido com PET usando 30 e 50% de inóculo de *P. sajor-caju*. Letras diferentes nos parâmetros indicam valores com diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).



A fração de inóculo não interferiu no tempo de crescimento micelial, porém, sugere-se que a maior fração de inóculo, que é à base de grãos de trigo, favoreceu a formação de cogumelos, levando a um maior rendimento (R%), eficiência biológica (EB%) e perda de matéria orgânica (PMO%), quando 50% de inóculo foram utilizados.

Cogorni *et al.* (2014) obtiveram 48,4% de rendimento (R%), quando *P. sajor-caju* foi cultivado em folhas de pupunheira com 20% de inóculo e Schulz (2016) 58,7% quando cultivou *P. sajor-caju* em bagaço de malte e folhas de bananeira (1:1) com 10% de inóculo, valores similares ao encontrado no presente trabalho, 47,3% utilizando 50% de inóculo. Já, em termos de eficiência biológica (EB%), Cogorni *et al.* (2014) obtiveram 4,5% enquanto Schulz (2016) obteve 7,4% e o presente trabalho 7,2% para 50% de inóculo. As variações encontradas tanto para os valores de R quanto para EB estão intimamente relacionadas com a composição do substrato utilizado.

Observando-se ainda a Figura 13, chama a atenção o fato da perda de matéria orgânica (PMO%) ser apenas 3,0% quando 50% de inóculo foram utilizados. Schulz (2016) obteve um valor mais elevado de PMO (29,8%) cultivando *P. sajor-caju* em bagaço de malte e folhas de bananeira (1:1) em fração de inóculo de 10%. Isto pode

estar relacionado ao fato do presente trabalho utilizar 50% de inóculo à base de grãos de trigo e estes, provavelmente, estarem sendo utilizados, também, como substrato na produção dos cogumelos. Apesar da perda de matéria orgânica ter sido pequena, este substrato residual foi avaliado na produção de biocompósitos que será visto no item 5.2.

Assim, os cogumelos provenientes da condição de cultivo utilizando 50% de inóculo foram avaliados em termos de valor nutricional (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados em termos de carboidratos totais, gordura, fibras, proteínas, P, K e Na obtidos em base seca para cogumelos *P. sajor-caju* cultivados em papel cartão SBS revestido com PET e a comparação com a legislação.

Nutrientes	<i>P. sajor-caju</i>	Comparação com a legislação*
Carboidratos (g/100 g)	55,1	-
Gordura (g/100 g)	2,2	baixo teor de gordura
Fibras (g/100 g)	16,9	alto teor de fibras
Proteínas (g/100 g) / % IDR referência	21,2	alto teor de proteínas
Na (mg/100g)	27,5	Muito baixo teor
P (mg/100 g) / % IDR referência	58,2 / 8,3	não são fonte de P
K (mg/100 g) / % IDR referência	1784,0 / 38	Alto teor de K

***Gordura** - Baixo teor: máximo de 3 g/100 g. Não contém: máximo de 0,5 g/100 g. **Fibras** - Fonte: mínimo de 3 g/100 g. Alto teor: mínimo de 6 g/100 g. **Proteínas** - Fonte: mínimo de 6 g/100 g. Alto teor: mínimo de 12 g/100 g. **Sódio** - Baixo teor: Máximo de 80 mg/100g, Muito baixo teor: Máximo de 40 mg/100g, Não contém: Máximo de 5 mg/100. **Minerais** - Fonte: mínimo de 15% da IDR de referência/100 g. Alto teor: mínimo de 30% da IDR de referência/100 g (Brasil, 2012). **IDR P** = 700 mg (Brasil, 2005), **IDR K** = 4700 mg (NRC, 2005).

Observando a Tabela 1 percebe-se que, em termos de carboidratos totais, os cogumelos secos de *P. sajor-caju* obtidos neste trabalho (55,1 g/100g) são similares ao teor de carboidratos encontrado por Schulz (2016) (54,6 g/100g) ao cultivar *P. sajor-caju* em bagaço de malte misturado com folhas de bananeira.

Destaca-se que o teor de carboidratos presente nos cogumelos se encontram principalmente na forma de polissacarídeos e glicoproteínas. Entre os polissacarídeos, temos as β -glucanas, que proporcionam maior saciedade e auxiliam na modulação dos níveis de colesterol e glicemia, de acordo com alguns estudos (VALÉRIO, 2021).

Em termos de gorduras totais, *P. sajor-caju* é considerado, pela RDC nº 54

(Brasil, 2012) da ANVISA, como produto com baixo teor de gordura, pois apresentou um teor menor que 3 g/100 g deste nutriente.

Os cogumelos secos de *P. sajor-caju* contêm 16,9 g/100g de fibras, sendo considerados um alimento com alto teor de fibras, pois contém mais que 6,0 g/100g (Brasil, 2012).

Já, o teor de proteínas de *P. sajor-caju* seco foi elevado, alcançando 21,2g/100g, superior a 12 g/100g resultando num produto com alto teor de proteínas (Brasil, 2012).

Segundo Furlani e Godoy (2007) os cogumelos comestíveis constituem alimento com excelente valor nutritivo, pois apresentam alto teor de proteínas e fibras alimentares, além de conter um baixo teor de lipídeos.

Em termos de sódio, *P. sajor-caju* seco é considerado um produto com baixo teor de sódio (27,5 mg/100g) segundo (Brasil, 2012). Em relação ao potássio, *P. sajor-caju* possui alto teor de potássio (1784,0 mg/100g) pois apresentou mais do que 30% da IDR (ingestão diária recomendada) de referência/100g para cada mineral. Já para fósforo, o valor de 8,3% da IDR de referência não o classifica como um alimento com alto teor de P.

Elevados teores de P e K em base seca foram encontrados por Rampinelli *et al.* (2010) para *P. djamor* produzido em palha de bananeira, sendo os valores de 1.300mg/100g de P e 3.100 mg/100g de K. Cogorni *et al.* (2014) para *P. sajor-caju* produzido em folhas de pupunheiras, obtiveram valores de 1602,8 mg/100g de P e 2722,6 mg/100g de K.

Em *P. sajor-caju* cultivado em palha de forrageira, Madan *et al.* (1992) obtiveram 199 mg/100g de Na em base seca. Sturion e Ranzani (2000), avaliando diversas espécies de *Pleurotus* obtidas de cultivadores obtiveram e 3,8 a 5,2 mg/100g de Na. Cogorni *et al.* (2014), utilizando folha de pupunheira obtiveram teor de 23,8mg/100g de Na para cogumelos de *P. sajor-caju* em base seca.

Ainda, devido ao fato do gênero *Pleurotus* ter o poder de bioacumular metais pesados (MARQUEZ-ROCHA, RODRIGUEZ e DUHALT, 2000), os cogumelos de *P. sajor-caju* foram analisados em termos de chumbo e mercúrio. Verificou-se que o teor de Pb foi menor que 0,1 mg/Kg e encontra-se abaixo do limite máximo de tolerância (LMT) de contaminantes inorgânicos em alimentos permitido pela Instrução Normativa nº 88 (Brasil, 2021) que é 0,3 mg/Kg para Pb.

Em relação ao mercúrio, a legislação vigente não traz um limite de tolerância

para este componente, sendo o teor encontrado neste trabalho menor que 0,1 mg/kg em base seca. O antigo Decreto nº 55.871 (BRASIL, 1965) prevê o valor de 0,01mgHg/kg, sendo que o valor encontrado neste trabalho não é sensível o suficiente para comparação com a antiga legislação.

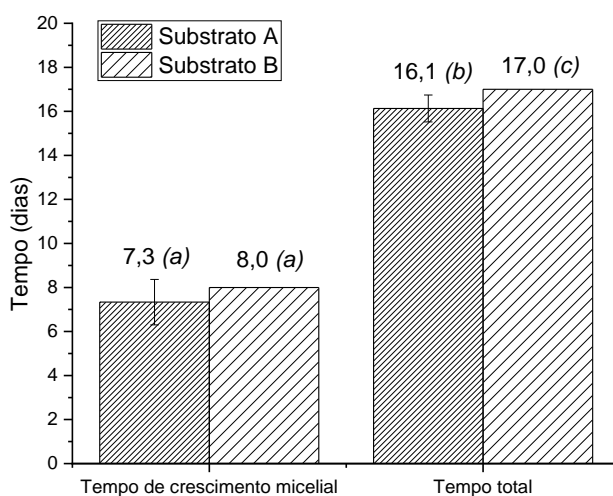
Westphal (2017) ao cultivar *P. sajor-caju* em resíduos de guaraná e mate, analisou os teores de chumbo e mercúrio nos cogumelos e obteve um teor de 0,52 e 0,19 mg/kg, respectivamente, valores mais elevados que este trabalho.

Portanto, a partir das análises realizadas, os cogumelos de *P. sajor-caju* possuem excelente valor nutricional, sendo um alimento que contém carboidratos, alto teor de proteínas, fibras e potássio, baixo teor de gordura e muito baixo teor de sódio.

5.2 BIOCOMPÓSITOS DE SUBSTRATO RESIDUAL

Para produção dos biocompósitos foram utilizados dois tipos de substrato. O substrato A, era o substrato residual da produção de cogumelos *P. sajor-caju* com 30% de inóculo e o substrato B, com 50% de inóculo de *P. sajor-caju*. Ambos os substratos residuais, A e B, foram inoculados com 30% de inóculo na produção dos biocompósitos.

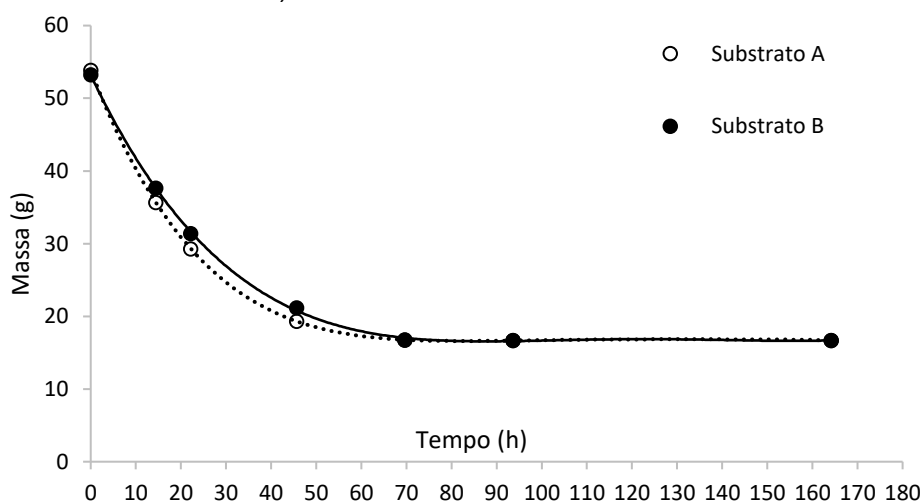
Figura 14 - Tempo de crescimento micelial (t_c = dias necessários para a completa colonização fúngica do substrato) e tempo total do processo (t_t = t_c + dias para a completa recolonização fúngica nas moldeiras) para a produção dos corpos de prova dos biocompósitos



Os pacotes produzidos com substrato A e B, apresentaram um tempo de crescimento micelial (tempo para a completa colonização fúngica do substrato nos pacotes) de 7,3 e 8,0 dias, respectivamente (Figura 14), não apresentando diferença estatisticamente significativa. No entanto, o tempo total (tt) de processo de produção dos biocompósitos (tempo de crescimento micelial + tempo para completa recolonização nas moldeiras) foi menor quando o substrato A foi utilizado (16,1 dias).

Com objetivo de interromper o crescimento micelial, os corpos de prova foram desidratados na temperatura de secagem de 60 °C. As curvas de secagem dos biocompósitos produzidos com os substratos A e B podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 - Curvas de secagem dos biocompósitos de substrato residual A (substrato residual da produção de *P. sajor-caju* com 30% de inóculo) e B (substrato residual da produção de *P. sajor-caju* com 30% de inóculo).



Analisando-se as curvas de secagem percebe-se que os substratos A e B apresentam perfis de secagem semelhantes, chegando a uma estabilização em 70 h ou 2,9 dias. Sendo assim, o tempo global de processo (tempo total de processo + tempo de secagem) foi de 19 dias para o substrato A e 19,9 dias para o substrato B.

Os tempos total e global de processo observados na melhor condição definida por Deschamps (2020) foram semelhantes, ou seja, ao produzir biocompósitos de bagaço de malte fresco misturado com folhas de bananeira (1:1) *in natura*, inoculados com 30% de *P. sajor-caju* e secos a 60 °C, obteve um tempo total e global de processo de 16 e 18 dias, respectivamente. Já, para o substrato residual, o tempo total e global

de processo foi de 21 e 23,2 dias, respectivamente, um tempo pouco mais elevado que os obtidos no presente estudo, provavelmente devido à natureza do substrato.

Ghazvinian *et al.* (2019) quando produziram biocompósitos de serragem e palha com *P. ostreatus* obtiveram um tempo de crescimento micelial de 14 dias, tempo de crescimento total de 17 dias e tempo global do processo de 18 dias. Já Attias *et al.* (2020) utilizaram resíduos de poda de culturas de maçã e de videira com os fungos *Colorius sp*, *Trametes sp* e *Ganoderma sp* para a produção de biocompósitos, com um tempo de crescimento total médio de 14 dias e tempo global de processo de 16 dias para ambos os fungos.

Tacer-caba *et al.* (2020) utilizaram colza e casca de aveia com quatro espécies de fungos diferentes (*P. ostreatus*, *Ganoderma lucidum*, *Trichoderma asperellum* e *Agaricus bisporus*) para a produção de biocompósitos e em todas as amostras testadas, o tempo de crescimento micelial foi de 14 dias, o tempo de crescimento total de 21 dias com mais 2 dias para o processo de secagem resultando em um tempo global de processo de 23 dias.

O tempo global de processo dos biocompósitos avaliados na literatura variam de 16 a 23 dias, dependendo do substrato, espécie fúngica e condições de cultivo utilizadas, sendo que o resultado de 19 e 19,9 dias, encontrado neste trabalho está conforme observado nos estudos.

Os valores do teor de umidade inicial (antes do início da secagem), do teor de umidade final (após a secagem), da velocidade de secagem e do tempo de secagem dos corpos de prova, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de teor de umidade inicial \pm dp (%) e final (em andamento), velocidade média de secagem \pm dp (g/dia) e tempo de secagem (dias) dos corpos de prova produzidos com o substrato A e B. Letras iguais nas colunas significam médias sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.

Substrato	Teor de umidade inicial (%)	Teor de umidade final (%)	Velocidade inicial de secagem (g/dia)	Tempo de secagem (dias)
A	68,86 \pm 1,45 a	1,73 \pm 0,08 c	12,78 \pm 0,36 b	2,90
B	68,56 \pm 1,39 a	1,38 \pm 0,05 d	12,57 \pm 0,43 b	2,90

O teor de umidade inicial não apresentou diferença significativa entre o substrato A e B, bem como a velocidade inicial de secagem e o tempo de secagem, mostrando que a diferença na quantidade de inóculo utilizado nos substratos, no

momento da produção dos cogumelos (30% - substrato A e 50% - substrato B), não interferiu no tempo de produção e na secagem dos biocompósitos produzidos com eles. O teor de umidade final possui diferença significativa, sendo o menor teor encontrado para o substrato B, com uma diferença de aproximadamente 25%.

Deschamps (2020) e Rocha (2018) também utilizam o fungo *P. sajor-caju* em seus trabalhos e obtiveram uma umidade inicial entre 68,17 e 78,56%, valores similares a este trabalho. O substrato utilizado por Deschamps (2020) foi bagaço de malte e folhas de bananeira, com umidade inicial média de 78,5%. Já Rocha (2018) utilizou erva mate e guaraná como substrato e obteve uma umidade inicial média de 71% entre as condições testadas.

Outros estudos também obtiveram resultados de umidade inicial semelhantes a este trabalho. Ghazvinian *et al.* (2019) ao produzirem biocompósitos de serragem e palha com *P. ostreatus* encontraram uma umidade inicial média de 67,5%. Elsacker *et al.* (2019) observaram que a umidade inicial para todos os substratos avaliados na produção de biocompósitos com *Trametes versicolor* ficou entre 61,7 e 83,2%.

Em relação a umidade final do biocompósito, Agustina *et al.* (2019) produziram biocompósitos feitos de fibra de açúcar de palma e bagaço de mandioca, prensados a frio e secos entre 55 a 60 °C durante 20 h e obtiveram uma umidade final entre 7,9 a 8,8%.

Deschamps (2020) ao utilizar as mesmas condições de secagem presentes neste trabalho (60°C), em um biocompósito de substrato residual de bagaço de malte e folhas de bananeira, obteve uma umidade final de 5,67% e 6,38%, com 20 e 30% de inóculo, respectivamente, em 2,2 dias de secagem.

Os valores de umidade final encontrados na literatura são maiores do que os obtidos neste trabalho, porém a umidade final depende de vários fatores, como o substrato utilizado, forma de secagem, porosidade do material, tempo e temperatura.

De acordo com Silva (2019) o desenvolvimento dos fungos ocorre em ambientes com umidade superior a 20%, portanto a umidade final encontrada no presente trabalho está abaixo do citado. Uma umidade final baixa é ideal para inibição do crescimento de fungos, tornando o biocompósito viável e funcional considerando sua vida útil em prateleira.

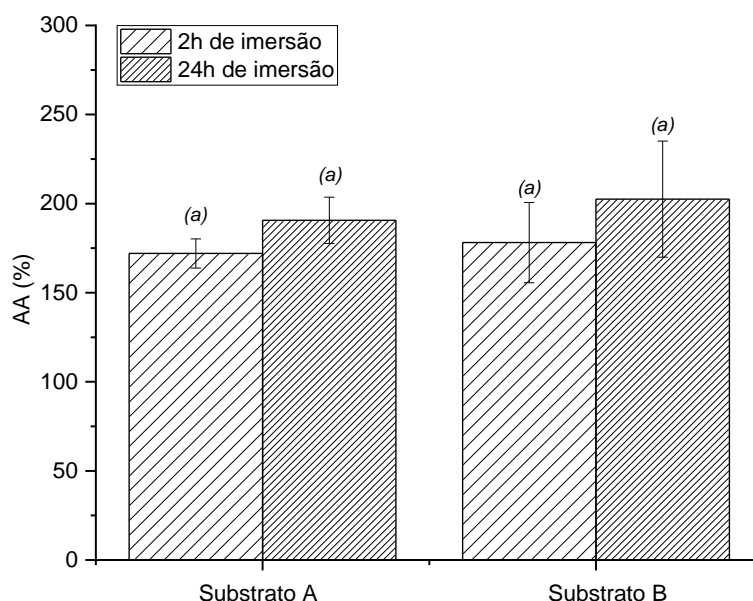
A Figura 16 representa as condições de sorção de água nos corpos de prova. Após 2 horas de imersão, todos os biocompósitos sorveram em torno de 175% de água, e após 24h, sorveram em torno de 195% de água. Como não houve diferença

significativa entre eles, considera-se que os corpos de prova já atingiram a saturação nas primeiras 2 horas.

Sivaprasad *et al.* (2021) ao produzirem um biocompósito de serragem e fibra de coco com *P. ostreatus*, observaram que a absorção de água aumenta rapidamente nas primeiras 5 horas, obtendo saturação. Após as 96 horas de teste, os biocompósitos haviam sorvido em torno de 120 a 185% de água.

Deschamps (2020), utilizou bagaço de malte e folhas de bananeira na produção de biocompósitos inoculados com *P. sajor-caju*, observando que os biocompósitos de substrato residual sorveram mais água que os biocompósitos de substrato *in natura*. Em 2 e 24 h de imersão, o biocompósito de substrato *in natura* sorveu 64,16 e 157,76% e o residual 105,6 e 177,32 %, respectivamente.

Figura 16 - Sorção de água (AA%) em 2 e 24h de imersão dos biocompósitos de substrato residual. Letras iguais significam valores sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.



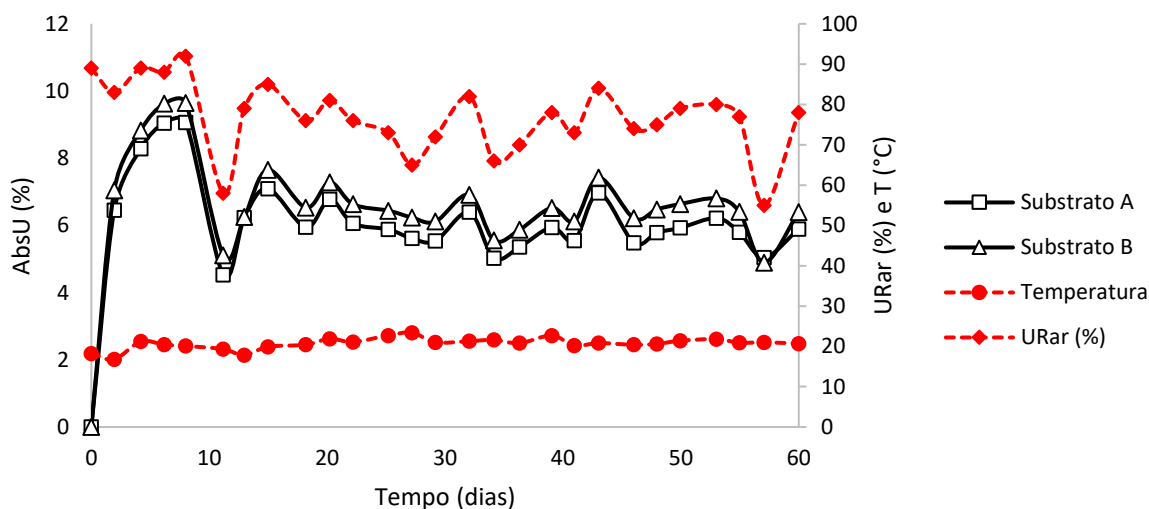
Rocha (2018), utilizou substrato residual de erva mate e guaraná inoculados com *P. sajor-caju* para produção de biocompósitos, obtendo em 2 e 24 h de imersão uma sorção de 126 e 154 %, respectivamente.

Um grande problema para a aplicação dos biocompósitos miceliais é a tendência de absorverem grandes quantidades de água (48 a 508%), pois as fibras vegetais que compõem os biocompósitos possuem natureza hidrofílica em

decorrência das hidroxilas presentes na celulose e na hemicelulose, por isso absorvem uma grande quantidade de água (IVANO, 2013). De acordo com Sjoqvist *et al.* (2010) quanto maior a porosidade do material maior a capacidade de sorção de água por meio da entrada da água nos espaços vazios (poros).

Com intenção de simular a exposição do biocompósito às condições ambientais, realizou-se o teste de influência da umidade do ar. O comportamento de sorção de umidade foi muito similar para os biocompósitos de substrato A e B (Figura 17). Todos os corpos sofreram influência da umidade relativa do ar, aumentando o percentual de sorção de umidade com o aumento da umidade relativa do ar, e diminuindo quando esta era menor. O ponto máximo de sorção foi de 9,07% para o substrato A e 9,65% para o substrato B, ambos na condição de 92% URar e 20,1°C.

Figura 17 - Influência da umidade do ar (AbsU %) por tempo de exposição (dias) dos biocompósitos de substrato A e B. As linhas segmentadas com símbolo (♦) e (●) referem-se a medida da umidade relativa do ar e a temperatura ambiente, respectivamente, no momento da pesagem.



Um material presente em nosso dia-a-dia no qual reage muito facilmente as mudanças sazonais de temperatura e umidade relativa é o papel, ele se expande ou contrai, podendo ocorrer algumas características negativas como ondulações e franzimento do papel, descamação de tintas, empenamento de capas de livros e rompimento de emulsões fotográficas (SILVA, 2021).

O mesmo comportamento higroscópico é observado na madeira, que está quase sempre perdendo ou ganhando umidade para atingir um estado de equilíbrio com a atmosfera. Seu teor de umidade varia entre 6 e 10% na manufatura de chapas

compensadas e aglomeradas, sendo desejado um teor de umidade abaixo de 20% para evitar o ataque de fungos (MORESCHI, 2012).

A sorção de umidade do ar é uma característica importante, que pode influenciar em propriedades como a rigidez mecânica, além de afetar em algumas aplicações, como uso em embalagens, por exemplo (TACER-CABA, 2020).

Análises de sorção de umidade do ar, com as mesmas condições deste estudo, foram feitas por Deschamps (2020) e Rocha (2018). Deschamps (2020), em biocompósitos produzidos com bagaço de malte e folhas de bananeira, obteve absorção de 7,1% para o substrato fresco e 6,6% para o substrato residual. Já Rocha (2018), em biocompósitos produzidos com erva mate e guaraná, teve absorção máxima de umidade em torno de 12%, para substrato *in natura* e residual.

Outros estudos realizaram testes relacionados à influência da umidade do ar em ambientes com temperatura e umidade relativa do ar (UR) controlados. Tacer-caba (2020), obteve uma absorção de umidade de até 5% em 50% UR para todos os biocompósitos, a 75% de umidade relativa a absorção aumentou para cerca de 10% em todos os compósitos, exceto o de colza inoculado com *Ganoderma lucidum*, que obteve 17,1%. Na maior umidade relativa testada, 90%, o biocompósito de colza inoculado com *Ganoderma lucidum* apresentou a maior absorção de umidade, 32%, enquanto o biocompósito de casca de aveia inoculado com *Agaricus bisporus*, teve a menor absorção de umidade de 19,5%.

Sabe-se que a absorção de umidade depende do fungo utilizado, devido à natureza hidrofóbica de algumas proteínas fúngicas, como hidrofobinas, porém, também depende do substrato escolhido (ZIEGLER *et al.*, 2016).

Os resultados obtidos para a tensão de compressão e sua relação com a densidade do material está demonstrada na Tabela 3. Observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre a densidade e a tensão de compressão.

Tabela 3 - Valores médios de densidade \pm dp (kg/m^3) e tensão de compressão \pm dp (MPa) dos corpos de prova dos biocompósitos de substrato A e B. Letras iguais nas colunas, significam médias sem diferença significativa pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95%.

Substrato	Densidade aparente (kg/m^3)	Tensão de compressão (MPa)
A	280,67 \pm 19,32 <i>a</i>	0,1691 \pm 0,0330 <i>b</i>
B	292,28 \pm 21,02 <i>a</i>	0,1471 \pm 0,0466 <i>b</i>

Estudos realizados até o momento, geralmente caracterizam materiais à base de micélio como espumas poliméricas, sendo uma alternativa viável ao EPS. As densidades dos biocompósitos variam bastante, entre 59 a 318 kg/m³ e podem ser até 20 vezes maiores se comparadas a espumas (JONES *et al.*, 2017).

Na Tabela 4, é apresentada a densidade e tensão de compressão de diferentes biocompósitos encontrados na literatura. Percebe-se que a resistência a compressão não segue um padrão, variando bastante dependendo do substrato e fungo utilizado.

Tabela 4 - Comparação da densidade (kg/m³) e tensão de compressão σ_c (MPa) para biocompósitos produzidos por diferentes substratos e espécies fúngicas.

Substrato/Fungo	Densidade (kg/m ³)	σ_c (MPa)	Referências
Colza e <i>Trichoderma asperellum</i>	58	0,3	Tacer-Caba <i>et al.</i> (2021)
Casca de aveia e <i>Trichoderma asperellum</i>	37	0,16	Tacer-Caba <i>et al.</i> (2021)
Bagaço de malte, folhas de bananeira (fresco) e <i>P. sajor-caju</i>	164	0,014	Deschamps (2020)
Bagaço de malte, folhas de bananeira (residual) e <i>P. sajor-caju</i>	242	0,04	Deschamps (2020)
Cânhamo e <i>Trametes versicolor</i>	99	0,51	Elsacker <i>et al.</i> (2019)
Linho e <i>Trametes versicolor</i>	135	0,31	Elsacker <i>et al.</i> (2019)
Serragem, farelo de trigo e <i>Pycnoporus sanguineus</i>	320	1,3	Bruscato <i>et al.</i> (2019)
Serragem, farelo de trigo e <i>Lentinus velutinus</i>	350	1,3	Bruscato <i>et al.</i> (2019)
Serragem, farelo de trigo e <i>P. albidus</i>	300	0,4	Bruscato <i>et al.</i> (2019)
Serragem e <i>P. ostreatus</i>	552	0,14	Ghazvinian <i>et al.</i> (2019)
Palha e <i>P. ostreatus</i>	277	0,02	Ghazvinian <i>et al.</i> (2019)
Erva mate, guaraná e <i>P. sajor-caju</i> (fresco)	-	0,094	Rocha (2018)
Erva mate, guaraná e <i>P. sajor-caju</i> (residual)	-	0,14	Rocha (2018)

Os biocompósitos fúngicos produzidos neste trabalho, quando comparados a outros trabalhos que utilizaram *P. sajor-caju*, obtiveram resistência à compressão superior ao valor encontrado por Deschamps (2020) (0,04 MPa), utilizando substrato residual de bagaço de malte e folhas de bananeira e valor similar ao encontrado por Rocha (2018) (0,14 Mpa), utilizando substrato residual de erva mate e guaraná.

Ghazvinian *et al.* (2019) também obtiveram valores para tensão de compressão similares a este trabalho (0,14 Mpa), porém a densidade do biocompósito produzido com serragem e *P. ostreatus* ficou bem mais elevada (552 kg/m³), praticamente o dobro no presente trabalho.

Bruscato *et al.* (2019), por exemplo, analisaram a resistência a compressão de biocompósitos utilizando o mesmo substrato (serragem e farelo de trigo) e variando o fungo, os resultados encontrados tiveram diferenças significativas. Para o fungo *Pycnoporus sanguineus* e *Lentinus velutinus* a resistência a compressão foi de 1,3MPa, já para o fungo *P. albidus* a resistência diminuiu para 0,4 Mpa, valores maiores do que o encontrado nesse trabalho.

Tacer-Caba *et al.* (2021) afirmam que as propriedades mecânicas dos biocompósitos são determinadas principalmente pela coesão entre as hifas fúngicas e a matriz polimérica do substrato. As diferenças entre as hifas de diferentes espécies de fungos, juntamente com as particularidades em seus mecanismos de degradação de substratos, desempenham um papel fundamental nas propriedades mecânicas dos biocompósitos.

Yang *et al.* (2017), também afirma que a adição de fibras naturais ao substrato utilizado (polpa de serragem de bétula) foi capaz de aumentar a resistência à compressão do biocompósito produzido, já que as fibras têm a capacidade de aumentar a rigidez e minimizar possíveis fissuras na superfície do biocompósito durante o teste de resistência à compressão.

Para materiais que serão utilizados como embalagens, a resistência à compressão é uma propriedade importante, já que uma maior resistência à compressão sugere uma menor chance de danos ao produto quando uma grande carga é aplicada (JONES *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2017).

A resistência a compressão encontrada no presente trabalho (0,16 Mpa em média) foi superior à resistência à compressão do poliestireno expandido (EPS) de densidade 10 kg/m³ (0,04 MPa) encontrada por Rocha (2018), portanto sabe-se que o biocompósito em estudo tem potencial de aplicação na fabricação de embalagens.

De acordo com a NBR 11752 (ABNT, 2016), a resistência a compressão do EPS tipo 5, de densidade 22 kg/m³, deve estar entre 0,104 e 0,173 Mpa. Portanto, a tensão por compressão obtida para o biocompósito em estudo se assemelha a este tipo de EPS. Sugere-se que através de mais análises, sejam exploradas para os biocompósitos as aplicações onde são utilizados este EPS tipo 5, como para

usinagem, modelagem e estruturação em obras na construção civil (PEDROSO, 2022).

Outro fator importante para materiais utilizados em embalagens é uma baixa densidade, já que os custos de frete se baseiam na massa do produto (JONES *et al.*, 2017). Tacer-Caba *et al.* (2021) detectaram em seu estudo, que a seleção do substrato afetou mais a densidade do que o fungo utilizado, sendo que a porosidade do material é considerada um fator significativo que afeta a densidade dos biocompósitos, maior porosidade indica menor densidade.

Ainda que a densidade dos compósitos miceliais encontradas neste trabalho (286 kg/m³ em média) seja alta em relação ao EPS, segundo Lopez *et al.* (2016) eles são leves o suficiente para serem utilizados em embalagens alimentares e de eletrodomésticos. Além disso, os biocompósitos são mais leves que outros compósitos feitos de madeira como o MDF, placa de fibra de média densidade, (500 -1000 kg/m³) (ASHBY *et al.*, 2002), porém não possuem as mesmas propriedades mecânicas.

Outras técnicas de processamento, como prensagem a quente ou a frio, infusão de resina ou hibridização poderiam ser utilizadas para melhorar o desempenho mecânico dos biocompósitos, e desta forma explorar outras aplicações, além da já utilizada como substituição de espumas (JONES *et al.*, 2020).

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostraram a possibilidade de utilizar os resíduos de embalagens de papel cartão SBS revestido com PET na produção de cogumelos de *P. sajor-caju*. A condição com 50% de inóculo promoveu maiores valores de rendimento (47,3%) e eficiência biológica (7,2%).

Os cogumelos obtidos do cultivo utilizando 50% de inóculo, apresentaram valor nutricional, que segundo a RDC nº 54 (Brasil, 2012), podem ser considerados alimentos com alto teor de fibras, proteínas e potássio, baixo teor de gordura e muito baixo teor de sódio. Os contaminantes inorgânicos estão abaixo dos limites de tolerância para legislação vigente.

Além da possibilidade de produção de cogumelos, o presente trabalho demonstrou a possibilidade de produzir biocompósitos a partir do substrato residual de cultivo, agregando ainda mais valor aos resíduos e contribuindo com a minimização de impactos ambientais caso fossem descartados.

Ao comparar os resultados obtidos para os biocompósitos produzidos com substrato A e B, ambos inoculados com 30%, com exceção do tempo total de processo, que variou de 16,1 dias para o substrato A e 17 dias para o substrato B, todos os outros parâmetros testados relacionados às propriedades mecânicas dos biocompósitos não apresentaram diferença significativa. Este fato demonstra que a fração de inóculo utilizada para produção dos cogumelos não alterou as propriedades dos biocompósitos.

Os biocompósitos deste estudo, apesar de apresentarem alto percentual de absorção de água, o que limita sua aplicação em ambiente externo, podem ser utilizados como material substituinte ao EPS, principalmente em embalagens de eletrodomésticos, pois apresentaram tensão de compressão superiores ao EPS de densidade 10 kg/m³ e similares ao de densidade 22 kg/m³.

Em trabalhos futuros, sugere-se acrescentar ao processo prensagem a frio ou a quente, ou adição de aditivos como o látex ou bioresina para melhorar as propriedades do material. Deve-se ainda estudar a influência da porosidade, caracterizar este material em relação a resistência ao impacto, resistência à tração e

flexão, condutividade térmica, absorção acústica e resistência à chama para dessa maneira identificar outras aplicações para estes biocompósitos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8082**: Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação. Rio de Janeiro, 2016.
- ABRE - Associação Brasileira de Embalagem. **Estudo ABRE macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo**. 2022. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2021-2/>. Acesso em: 19 maio 2022.
- AGUSTINA, W.; ADITIAWATI, P.; KUSUMAH, S.S.; DUNGANI, R. Physical and mechanical properties of composite boards from the mixture of palm sugar fiber and cassava bagasse using mycelium of *Ganoderma lucidum* as a biological adhesive, **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, 374., 2019.
- AMAZONAS, A. **Cogumelos**. 2013. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of the AOAC International. 20 ed. Maryland: AOAC, 2016.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 100 ed. Arlington: AOAC, 1984.
- ASHBY, M.F.; JOHNSON, K. **Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design**. Butterworth-Heinemann: Oxford, 2002.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D570-95**: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. New York, 1998.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3878-20B**: Standard Terminology for Composite Materials. West Conshohocken, 2020.
- ATTIAS, N.; DANAI, O.; ABITBOL, T.; TARAZI, E.; EZOV, N.; PEREMAN, I.; GROBMAN, Y. J. Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 246, p. 1-17, fev. 2020.
- BAYSAL, E.; PEKER, H.; YALINKILIÇ, M. K.; TEMİZ, A. Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. **Bioresource Technology**, v. 89, n. 1, p. 95–97, 1 ago. 2003.

BONATTI, M. **Estudo do potencial nutricional de cogumelos do gênero *Pleurotus* cultivados em resíduos agro-industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 148p., 2001.

BONATTI, M., KARNOPP, P., SOARES, H.M., FURLAN, S.A. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, v. 88, p. 425-428, 2004.

BRAGA, L. R.; SILVA, F. M. Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8 n. 4, p. 170-186, 2017.

BRASIL. Decreto nº55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto no 691, de 13 de março de 1962. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/d55871.htm. Acesso em: 03 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003: Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de vigilância Sanitária – ANVISA. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005: Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012: Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar, 2012. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de vigilância Sanitária – ANVISA. Instrução Normativa - IN nº 88, de 26 de março de 2021: Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, 2021. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRUSCATO, C.; MALVESSI, E.; BRANDALISE, R.N.; CAMASSOLA, M. High performance of macrofungi in the production of mycelium-based biofoams using sawdust d Sustainable technology for waste reduction. **Journal of cleaner production**, v. 234, p. 225-232, 2019.

CHANG, S.T.; MILES, P.G. **Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact**. New York: CRC Press, 451p., 2004.

CHANG, S.T., LAU, O.W., CHO, K.Y. The cultivation and nutritional value of *Pleurotus sajor-caju*. **European Journal Microbiology Biotechnology**, v.12, p. 58-62, 1981.

COGORNÍ, P.F.B.O., SCHULZ, J.G., ALVES, E.P., GERN, R.M.M., FURLAN, S.A., WISBECK, E. The production of *Pleurotus sajor-caju* in peach palm leaves (*Bactris gasipaes*) and evaluation of its use to enrich wheat flour. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 267-27, 2014.

CRUZ, M.O.R. **O futuro do papel cartão na indústria de embalagens do segmento de alimentos secos no Brasil: Caso Suzano papel e celulose**. 2016. 127 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

DAMBRÓS, P.; CAPELARI, K. P.; POFFO, C.; WISBECK, E. Avaliação da biodegradação de polímeros por *Pleurotus djamor*. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 31, p. 21-29, 2014.

DANTAS, M.L.S. **Degradabilidade de embalagens compostas de laminados de papel revestido, plástico e alumínio e sua interação com o meio ambiente**. 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

DESCHAMPS, J.L. do N. **Produção e caracterização de biocompósitos obtidos do cultivo de *Pleurotus sajor-caju* em substrato composto por bagaço de malte e folhas de bananeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2020.

ECOVATIVE DESIGN. **Packaging**. Disponível em: <https://www.ecovative.com/pages/packaging>. Acesso em: 17 maio 2022.

ELSACKER, E.; VANDELOOK, S.; BRANCART, J.; PEETERS, E.; DE LAET, L. Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. **PLoS ONE**, v. 14, n. 7, 2019.

EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Raven | Biologia Vegetal**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

FARIA, P.C.; WISBECK, E.; DIAS, L.P. Biodegradação de polipropileno reciclado (ppr) e de poli (tereftalato de etileno) reciclado (petr) por *Pleurotus ostreatus*. **Revista Matéria**, v.20, n.2, pp. 452 – 459, 2015.

FERREIRA, C. T.; FONSECA, J. B.; SARON, C. Reciclagem de Rejeitos de Poli (tereftalato de etileno) (PET) e de Poliamida (PA) por meio de Extrusão Reativa para a Preparação de Blendas. **Polímeros**, v.21, n.2, p. 118 – 122, 2011.

FERRI, G.N. **Utilização do resíduo de papel cartão revestido com PET na remoção biológica de corante rodamina B**. Dissertação (Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Química) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015.

FIESC. **Câmara de Desenvolvimento da Indústria de Alimentos e Bebidas**. Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/camaras/alimentos-e-bebidas>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FURLAN, S.A.; VIRMOND, L.J.; MIERS, D. A.; BONATTI, M.; GERN, R.M.M.; JONAS, R. Mushrooms strains able to grow at high temperatures and low pH values. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 13, n.6, p. 689-692, 1997.

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

GHAZVINIAN, A.; FARROKHSIAR, P.; VIEIRA, F.; PECCHIA, J.; GURSOY, B.; Mycelium -Based Bio-Composites for Architecture: Assessing the effects of cultivation factors on Compressive Strenght. **Material Studies and Innovation**, v.2, 2019.

GERN, R.M.M., LIBARDI JUNIOR, N., PATRICIO, G.N., WISBECK, E., BONATTI, M., FURLAN, S.A. Cultivation of *Agaricus blazei* on *Pleurotus* spp. spent substrate. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, 2010.

GRIMM, A., EILERTSEN, L., CHEN, F., HUANG, R., ATTERHEM, L., XHIONG, S. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* Mushroom on Substrates Made of Cellulose Fibre Rejects: Product Quality and Spent Substrate Fuel Properties. **Waste Biomass Valor**, v. 12, p. 4331–4340, 2021.

HOLTZ, M. **Utilização de resíduos de algodão da indústria têxtil para a produção de corpos frutíferos de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2008.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2005.

INTERNATIONAL MUSHROOM FOR SCIENCE. Disponível em: <https://www.isms.biz/Web/Web/About/Biology.aspx?hkey=0ec10002-2a26-4eb8-a2cf-4362dbd67889>. Acesso em: 31 maio 2022.

ISHIKAWA, N.K., VARGAS-ISLA, R., GOMES, D., MENOLLI JUNIOR, N. Principais cogumelos comestíveis cultivados e nativos do estado de São Paulo. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 14, n. 2, 2017.

ITO, D. Desenvolvimento de materiais de embalagens para forno de micro-ondas. **Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens**, v. 21, n. 2, 2009.

IVANO, L. R. P. F. M. **Bandejas biodegradáveis à base de amido de mandioca e resíduo fibroso da indústria cervejeira**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, na Universidade Estadual de Londrina (UEL), 122p., 2013.

JONES, M.; HUYNH, T.; DEKIWADIA, C.; DAVER, F.; JOHN, S. Mycelium composites: A review of engineering characteristics and growth kinetics. **Journal of Bionanoscience**, v. 11, n. 4, p. 241–257, 2017.

JONES, M.; MAUTNER, A.; LUENCO, S.; BISMARCK, A.; JOHN, S. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. **Materials & Design**, v. 187, 2020.

KANG, W.S. Descriptions of commercially important *Pleurotus* species, In: **Mushroom grower's handbook – Oyster mushroom cultivation**, (Mushroom Ed.), Seoul, Mushroom-Heineart Inc, p. 54-61, 2004.

KARASKI, T.U., RIBEIRO, F.M., PEREIRA, B.R., ARTEAGA, L.P.S. **Embalagem e Sustentabilidade: Desafios e orientações no contexto da economia circular**. ABRE (Associação Brasileira de Embalagem), CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/media/embalagem_sustentabilidade.pdf. Acesso em: 12 fev. 2020.

KIRWAN, Mark. Paper and Paperboard Packaging. In: COLES, Richard; KIRWAN, Mark (ed.). **Food and Beverage Packaging Technology**. 2. ed. Nova Jérsei: Blackwell Publishing, 2011. Cap. 8. p. 213-250.

LANDIM, A.P.M, BERNARDO, C.O., MARTINS, I.B.A, FRANCISCO, M.R., SANTOS, M.B., RAMOS DE MELO, N. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.

LOPEZ, J.A.N.; MENDEZ, G.J.; RUELAS, X.C.; NAJERA, J.A.L. Assessment of edible fungi and films bio-based material simulating expanded polystyrene. **Materials Manuf. Process**, v. 31, p.1085 -1090, 2016.

MADAN, M., SHARMA, S., VASUDEVAN, P. Mineral content of *Pleurotus sajor-caju* and organic substrates used. **Microbios**, v. 69, p. 113-118. 1992.

MADAN, M., VASUDEVAN, P., SHARMA, S. Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* on different agro-wastes. **Biological Wastes**, v.22, p.241-250, 1987.

MESTRINER, F. **Design de embalagem curso básico**. São Paulo: Makron Books, 2002.

MARQUEZ-ROCHA, F.J.; RODRIGUEZ, V.Z.H.; DUHALT, R.V. Biodegradation of soil-adsorbed polycyclic aromatic hydrocarbons by White-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. **Biotechnology Letters**, v. 22, p. 469-472, 2000.

MILES, P.G., CHANG, S.T. **Biología de las setas: fundamentos básicos y acontecimientos actuales**. Hong Kong: World Scientific, p.133., 1997.

MOGU. **Acoustic panels**. Disponível em: <https://mogu.bio/>. Acesso em: 17 maio 2022.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. 4 ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2012.

MYCOWORKS. **Mycoworks Raises \$125 Million Series C**. Disponível em: <https://www.mycoworks.com/mycoworks-raises-125-million-series-c-financing-to-fund-mass-production-of-fine-mycelium>. Acesso em: 17 maio 2022.

NIGAM, P.S; PANDEY, A. **Biotechnology for agro-industrial residues utilisation. Utilisation of agro-residues**. 1 ed. Springer, 465p, 2009.

OLUND, D. Paperboard chemical characterization. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gabrielaneves@baumgarten.com.br> em 17 de abril de 2013.

PEDROSO, H. **Conheça as principais aplicações do EPS e saiba especificá-lo corretamente**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-as-principais-aplicacoes-do-eps-e-saiba-especifica-lo-corretamente/18422>. Acesso em: 04 ago. 2022.

PEREIRA, N.M.C. **Desenvolvimento de Reservatórios em Materiais Compósitos**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Porto, Porto, 2017.

RAINERT, K.T. **Biodegradação de corante têxtil RBBR por *Ganoderma lucidum* em bioadsorvente contendo aparas de papel cartão Solid Bleached Sulfate revestidas com politereftalato de etileno**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2017.

RAMPINELLI, J.R., SILVEIRA, M.L.L., GERN, R.M.M., FURLAN, S.A., NINOW, J.L., WISBECK, E. Valor nutricional de *Pleurotus djamor* cultivado em palha de bananeira. **Alimentos e Nutrição (Araraquara)**, v. 21, n. 2, 197-202, 2010.

RIDZQO, I.F.; SUSANTO, D.; PANJAITAN, T.H.; PUTRA, N. Sustainable Material: Development Experiment of Bamboo Composite Through Biologically Binding Mechanism. **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, v. 713, 2020.

ROCHA, M.I. **Produção de biocompósitos de *Pleurotus sajor-caju* utilizando resíduos de erva-mate e guaraná**. 2018. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2018.

RORABACHER, D.B. Statistical treatment for rejection of deviant values: critical values of Dixon's "Q" parameter and related subrange ratios at the 95% confidence level. **Analytical Chemistry**, v.63, n.2, p.139-146, 1991.

ROSA, T. O. da; SALES, G. F.; CARVALHO, T. S. de; GUERREIRO, E. M. A.; SANTOS JÚNIOR, E. L. dos. Gerenciamento de resíduos industriais em uma empresa paranaense de embalagens plásticas. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 3., 2020, Gramado. **Anais [...]** Gramado: Ibeas, 2020. p. 1-9.

SANCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Appl Microbiol Biotechnol**, 2010.

SANEJA, S., SATISH, M., BOORA, S. Print quality comparison of solid bleached sulphate (SBS) board and duplex board printed with web offset press. **International Journal of Engineering Sciences and Research Technology**, v. 6, n. 6, p. 397- 400, 2017.

SANTOS, B.C. dos, SILVA, K.C., CHAVES, M.B, WISBECK, E. Produção de cogumelos de *Pleurotus sajor-caju* em resíduos de embalagens de papel cartão revestido com PET. In: Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. **Anais[...]** Diamantina: UFVJM, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/cobicet/389548-PRODUCAO-DE-COGUMELOS-DE-PLEUROTUS-SAJOR-CAJU-EM-RESIDUOS-DE-EMBALAGENS-DE-PAPEL-CARTAO-REVESTIDO-COM-PET>>. Acesso em: 11 jul. 2022.

SCHULZ, J.G. **Produção de *Pleurotus sajor-caju* em resíduo de cervejaria (bagaço de malte)**. 2016. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2016.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 166p., 1981.

SILVA, M. C. P. **Avaliação da eficiência biológica e produtiva, de substrato a base de bambu *Dendrocalamus asper*, para a produção de *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju***. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

SILVA, K.C. **Aproveitamento de papel cartão revestido com PET na produção de biocompósitos e de cogumelos de *Pleurotus sajor-caju***. 2019. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2019.

SILVA, L. do N. **Diagnóstico das condições de Preservação e Conservação do Arquivo de plantas arquitetônicas da Secretaria Municipal de Urbanismo e Mobilidade da Prefeitura de Niterói**. Monografia (Bacharelado em Arquivologia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

SINGH, U.P., MAURYA, K., SINGH, D. Evaluation of agro-wastes for the production of oyster mushroom (*Pleurotus sajor caju*). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, p. 231-234, 2019.

SIVAPRASAD, S., BYJU, S.K., PRAJITH, C., SHAJU, J., REJEESH, C.R. Development of a novel mycelium bio-composite material to substitute for polystyrene in packaging applications. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, p. 5038–5044, 2021.

SJOQVIST, M.; BOLDIZAR, A.; RIGDAHL, M. Processing and water absorption behaviour of foamed potato starch. **Journal of Cellular Plastics**, p. 1-22, 2010.

SOARES JR., A. B. **Produção do Poli (Tereftalato de Etileno) modificado com glicerol e derivados**. 2010. 87 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

STURION, G.L. **Utilização da folha de bananeira como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis (*Pleurotus spp.*)**. 1994. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

STURION, G.L., RANZANI, M.R.T.C. Composição em minerais de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil - *Pleurotus spp* e outras espécies desidratadas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.50, n.1, p. 102-108, 2000.

TACER-CABA, Z., VARIS, J.J., LANKINEN, P., MIKKONEN, K.S. Comparison of novel fungal mycelia strains and sustainable growth substrates to produce humidity-resistant biocomposites. **Materials and Design**, v. 192, 2020.

TAKAHASHI, J. A., LIMA, G. S., DOS SANTOS, G. F., LYRA, F. H., HUGHES, A. F., & GONÇALVES, F. A. G. Fungos filamentosos e química: velhos conhecidos, novos aliados. **Revista virtual de química**, 9(6), 2351-2382, 2017.

TEIXEIRA, S. C., SOARES, N. de F. F., STRINGHETA, P. C. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.24, 2021.

TESFAY, T., GODIFEY, T., MESFIN, R., KALAYU, G. Evaluation of waste paper for cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with some added supplementary materials. **AMB Express**, 10:15, 2020.

TOCCHETTO, M.R.L. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais**. UFSM: Santa Maria, 2005.

VALÉRIO, T. P. **Utilização de resíduos lignocelulósicos de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*) para o cultivo de cogumelo (*Pleurotus ostreatus*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2021.

VEGA, D.S.O. **Bioplástico por biodesarrollo micelial de *Pleurotus ostreatus* en sustratos de resíduos lignocelulósicos de encino (*Quercus castanea neé*) y olote de maíz (*Zea mayz*)**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Tecnologia da Madeira) – Facultad de Ingeniería em Tecnología de la Madera, Morelia, 2021.

VENTURA, A. M. F. M. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **Ciência e tecnologia dos materiais**, v. 21, p. 10–19, 2009.

VENZON, J.S. **Produção e caracterização de compósitos de resíduos de polietileno de baixa densidade reforçados com aparas de papel cartão SBS/PET**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2018.


WESTPHAL, M. da S. **Utilização de resíduos da indústria de aromas (guaraná, carvalho, cacau e mate) na produção de *Pleurotus sajor-caju***. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2017.

YANG, Z.; ZHANG, F.; STILL, B.; WHITE, M.; AMSTISLAVSKI, P. Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based biofoam. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 29, n. 7, 2017.

ZIEGLER, A.R.; BAJWA, S.G.; HOLT, G.A.; MCINTYRE, G.; BAJWA, D.S. Evaluation of physico-mechanical properties of mycelium reinforced green biocomposites made from cellulosic fibers. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 32 n.6, p. 931-938, 2016.

ANEXOS

Solicitante:	Univille			
Endereço:	Paulo Malschitzki	n. 10	Cidade:	JOINVILLE
Amostra:	Cogumelos (Pó)			SC
				 00111712.c
Data Coleta:	27/10/2020	Hora Coleta:	N.A.:	Marca
Local da Amostragem:	N.A.			: N.A.
Amostrador:	Solicitante			Fornecedor
Condições Ambientais:	N.A.			: N.A.
Data recebimento:	10/11/2020	Hora receb.:	14:00	Data Fabricação
Data de Emissão:	03/12/2020			: N.A.
				Data Validade
				: N.A.
				Lote
				: N.A.
				Lacre:
				: N.A.

RELATÓRIO DE ENSAIO

	Resultado das duplicatas		Unidade	Data do Ensaio	
				Início:	Fim:
Resíduo Mineral Fixo (2).....:	4,52	4,48	g/100g	13/11/2020	18/11/2020
Gordura Total (3).....:	2,17	2,30	g/100g	13/11/2020	16/11/2020
Proteína (4).....:	30,60	29,91	g/100g	16/11/2020	18/11/2020
Fibra Bruta (6).....:	17,00	16,81	g/100g	19/11/2020	27/11/2020
Fosfóro (14).....:	58,69	57,82	mg/100g	19/11/2020	19/11/2020

Metodologias:

[2] IAL - 2005, p. 105 a 106

[3] IAL - 2005, p. 116 a 119

[4] IAL - 2005, p. 123 a 125

[6] IAL - 2005, p. 136

[14] IAL - 2005, p. 115 a 116

Código de segurança: b6a3631121251e46245c3f6c79d60449


Flavia Santiago Cássio
Signatário Autorizado
CRQ 00200949


Eng. Rodrigo Stori
CRQ 09301445 - 9ª REG
Diretor Técnico

Solicitante: **Univille**
 Endereço: **Paulo Malschitzki** n. 10 Cidade: **JOINVILLE** SC
 Amostra: **Cogumelos (Pó)**
 Data Coleta: **27/10/2020** Hora Coleta: **N.A.** Marca : **N.A.**
 Local da Amostragem: **N.A.** Fornecedor : **N.A.**
 Amostrador: **Solicitante** Data Fabricação : **N.A.**
 Condições Ambientais : **N.A.** Data Validade : **N.A.**
 Data recebimento : **10/11/2020** Hora receb.: **14:00** Lote : **N.A.**
 Data de Emissão: **03/12/2020** Coleta Laboran: POPQ.01 FO.01 POPQ24 rev.00 Lacre: : **N.A.**



RELATÓRIO DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

	Resultado em duplicata		Unidade	Data do Ensaio	
				Início:	Fim:
Chumbo (1):	< 0,10	< 0,10	mg/kg	17/11/2020	17/11/2020
Potássio (1):	1.787,17	1.780,75	mg/100g	13/11/2020	16/11/2020
Sódio (1):	28,17	26,91	mg/100g	01/12/2020	01/12/2020
Mercurio (1):	< 0,10	< 0,10	mg/kg	18/11/2020	18/11/2020

Metodologias:

(1) AOAC - Association of Official Analytical chemists, 20th Edition, 2016

Código de segurança: facf5145b6b4bf6cda47d5b7d6b410a2


 Flávia Santiago Cuello
 Signatário Autorizado
 CRQ 00200949


 Eng. Rodrigo Stori
 CRQ 09301445 - 9º REG
 Diretor Técnico

Página 1 de 1

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 05/10/2022.

1. Identificação do material bibliográfico: () Tese (x) Dissertação () Relatório Técnico

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Bruna Caroline dos Santos Ribeiro

Orientador: Elisabeth Wisbeck

Data de Defesa: 31/08/2022

Título: Produção sequencial de cogumelos e de biocompósitos de *Pleurotus sajor-caju* em papel cartão.

Instituição de Defesa: Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE.

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (x) Sim () Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.

Bruna C. dos Santos Ribeiro

Assinatura do autor

Joinville, 05 de outubro de 2022

Local/Data