

Alternativa para utilização de resíduos agroindustriais e florestais: cultivo de cogumelos comestíveis

Cláudia Bruscato

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: claudia.bruscato@gmail.com, claudia-bruscato@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/2135309367714056>

Fábio Luís Maciel

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).

E-mail: fabio-maciel@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/2684498076111698>

Resumo

O presente trabalho apresenta uma alternativa para a reciclagem do resíduo agroflorestal serragem de madeira, que tem como base o seu potencial de utilização como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis de três distintas linhagens da espécie *Pleurotus ostreatus*, selecionadas com base em sua reconhecida capacidade de degradação de materiais lignocelulósicos, adaptação, crescimento, desenvolvimento e frutificação no substrato proposto. Para tanto, os meios de cultivo constituídos por serragem de madeira e suplementados com farelo de trigo (6%) foram acondicionados em sacos plásticos de polietileno e inoculados com esporos de *P. ostreatus* var. "florida", *P. ostreatus* var. "shimofuri", e *P. ostreatus* var. "salmão", e mantidos em sala de alvenaria fechada, sob iluminação ambiente e pouca circulação de ar, sem controle ambiental de temperatura e umidade, com fotoperíodo. Cada saco plástico de cultivo foi considerado como uma unidade amostral experimental, sendo que para cada linhagem fúngica testada foram avaliadas nove repetições (sacos de cultivo). Os parâmetros de cultivo avaliados foram: 1) peso fresco total da produção e; 2) eficiência biológica das linhagens. Dentre as linhagens de *P. ostreatus* avaliadas, a variedade "shimofuri" foi a que apresentou a maior produção de cogumelos comestíveis (781g) e a melhor eficiência biológica (69%); a variedade "florida" apresentou uma produção de 578 g e eficiência biológica de 58%; e, a variedade salmão, não conseguiu se desenvolver e apresentou contaminação em seus meios inoculados. Desse modo, foi possível concluir que, entre as linhagens fúngicas testadas, *P. ostreatus* var. "shimofuri" apresentou maior eficiência biológica na reciclagem (degradação biológica) do substrato serragem de madeira, bem como maior produção de cogumelos comestíveis, características que o qualificam como agente biológico adequado para a execução de tais processos.

Palavras-chave: Serragem de madeira. Reciclagem resíduos florestais. *Pleurotus ostreatus*. Cultivo não asséptico. Cogumelos comestíveis.

Abstract

An alternative for the reuse of agricultural waste: the cultivation of edible mushrooms / Cultivation of edible mushrooms as an alternative for the reuse of agro-waste

This paper presents an alternative for agro-waste of sawdust, considering its potential for substrate in the growth of edible mushrooms of three different strains of *Pleurotus ostreatus*. The strains were selected for their

known capacity to degrade lignocellulosic materials as well as their adaptation, growth, development, and fructification in the mentioned substrate with the regional weather conditions of the Serra Gaúcha, in the South of Brazil. For that, 1 kg of the growing medium (sawdust) was packed in polyethylene plastic bags with nutritional supplementation. The bags were inoculated with spores of *P. ostreatus* type “florida”, *P. ostreatus* type “shimofuri”, and *P. ostreatus* type “salmão”. Samples were kept in a closed room with ambient lighting and low air circulation, without temperature and humidity control, and with photo-period. Each plastic bag was considered one experimental unit sample, and each strain was evaluated in nine replicates. The following parameters were evaluated: 1) total fresh weight of the production, and 2) strain biological efficiency. Amongst the strains of *P. ostreatus* tested, the type “shimofuri” showed the highest production of edible mushrooms (781 g) and the best biological efficiency (69%); the type “florida” presented a 578 g production and biological efficiency of 58%; and, the type “salmon”, failed to develop and present in its inoculated. Therefore, it is possible to state that, from the strains tested, *P. ostreatus* type “shimofuri” has the best biological efficiency in the recycling (biological degradation) of the sawdust substrate and the best production of edible mushrooms. These features qualify this strain as suitable for the given processes.

Keywords: Sawdust. Wood waste recycling. *Pleurotus ostreatus*. Non-aseptic cultivation. Edible mushrooms.

Introdução

Os diversos problemas decorrentes da má utilização das fontes de recursos naturais vêm se agravando e gerando preocupações com o meio ambiente. No quesito reutilização de matérias-primas, muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas na busca da minimização de impactos ocasionados pelas atividades humanas. Entre estes, a agroindústria colabora com grande parte devido ao uso de recursos naturais e descarte inadequado de subprodutos (GONZALEZ et al., 2012; NITAYAVARDHANA, 2012). Para evitar a geração de resíduos em cadeia, a economia cíclica tem sido estudada e implantada a fim de evitar que o descarte seja destinado sem tratamento adequado.

Entre os maiores geradores de resíduos agroindustriais, podemos destacar as serrarias, nas quais o desperdício dos resíduos não é somente um problema econômico, mas representa um grave problema ambiental. Com a adoção de técnicas eficientes de gerenciamento, estes problemas podem ser facilmente solucionados, pois podem se transformar em matéria-prima com diversas

possibilidades de uso, através de técnicas simples e de baixo custo, reduzindo o volume de resíduos situados nas serrarias e, portanto, aumentando sua receita.

Na cadeia produtiva da madeira grande parte dos resíduos sólidos são gerados no processamento da madeira serrada. O percentual de resíduos gerados pode sofrer variações em função das máquinas utilizadas, do tipo de matéria-prima e das dimensões das toras. Além de ocorrer perdas significativas no desdobro e nos cortes de reserra, que para madeiras de reflorestamento se situam entre 20% e 40% do volume das toras processadas (HILLIG et al., 2006).

O processo de desdobro da madeira requer o aproveitamento de resíduos, ainda que grande parte das serrarias escolha descartar estes resíduos da maneira mais rápida e com menores custos, é necessário desenvolver alternativas que viabilizem a reciclagem do resíduo do processamento de madeira agregando-lhe valor, tornando-se assim uma opção atrativa (FAGUNDES, 2003).

No momento em que madeiras de espécies de rápido crescimento começaram a ser desdobradas em serrarias, iniciaram-se dificuldades na adequação do sistema do desdobro. Isso porque a madeira de *pinus*, por exemplo, difere das nativas, principalmente em relação à suas dimensões, proporcionando baixo rendimento e gerando muitos resíduos, os quais geralmente não são aproveitados (OLANDOSKI et al., 1998).

A serragem é o produto da passagem da lâmina de serra de redução na tora, formada por pequenas partículas de madeira cujo volume é significativo (CABREIRA, 2011). É considerado como o resíduo que desperta menor interesse para o aproveitamento, com elevada impureza inviabilizando-o. Necessita de um longo tempo necessário para a degradação, dificultando sua utilização na compostagem agrícola. Sua maior utilização tem sido como substrato de solo, cama em criadouros de aves, cavalos e outros animais (FAGUNDES, 2003; DUTRA; NASCIMENTO, 2003; LIMA; SILVA, 2005).

Devido à sua fácil disseminação pelo vento, a serragem é, particularmente, aquele resíduo que tem maior rigor da fiscalização ambiental. Mesmo assim, pelas dificuldades em encontrar-lhe uma utilidade, muitas serrarias, mesmo ilegalmente, ainda realizam a queima e deposição irregular dos resíduos (FAGUNDES, 2003).

Alguns resíduos agroindustriais sólidos podem ser transformados em subprodutos por serem constituídos de estruturas como celulose, hemicelulose, lignina, proteínas, lipídeos e minerais (PIROTA et al, 2015). Fungos basidiomicetos lignocelulolíticos são capazes de degradar uma série de compostos orgânicos persistentes, tais como a lignina e diversas classes de poluentes com pouca ou nenhuma homologia estrutural com a lignina (BRUSCATO et al., 2019). Devido à composição em carboidratos das biomassas vegetais residuais, há a possibilidade de obtenção de monômeros de açúcares fermentáveis e outros nutrientes utilizados como substratos para microrganismos industriais, e, subsequentemente, convertê-los em vários outros produtos de importância industrial, como álcoois, polióis, ácidos orgânicos e outros (RAFATULLAH et al., 2010; PANDA et al., 2016).

O reaproveitamento desses resíduos é uma alternativa de proteção ao meio ambiente e renda extra, agregando valor econômico a um material que seria descartado (IMFLORESTAL, 2014). A combinação de resíduos visando a formulação de substratos mistos pode ser utilizada no cultivo de

cogumelos, como uma alternativa de grande valor agroecológico, os quais se enquadram na agricultura sustentável como produto alimentar rico em nutrientes, elevada produção em pequeno espaço, e reutilização dos resíduos de sua produção para outros fins como adubo (SANCHEZ, 2004).

É crescente a produção e consumo de cogumelos comestíveis, devido a tantas informações sobre seu potencial no benefício à saúde, pois são considerados um alimento funcional, rico em substâncias bioativas que apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória e antibiótica, além de ser uma das fontes de proteína alternativas à proteína animal (MACHADO, 2019). Apesar da existência de poucos produtores de cogumelos em atividade na região da Serra Gaúcha, a demanda por cogumelos encontra-se em franca expansão, pois, além de serem considerados ingredientes de pratos requintados, possuem significativo valor nutricional e propriedades medicinais cada vez mais estudadas.

Existe uma ampla gama de fungos produtores de corpos de frutificação ou cogumelos conhecidos, sendo que 50% são comestíveis, 18% medicinais, 10% venenosos e 22% continuam com propriedades aos interesses comerciais ainda não definidas (PEDROSO, 2013), entre elas a função dos macrofungos na desconstrução de biomassa orgânica vegetal através de processos enzimáticos promovendo a reciclagem do carbono no solo (FLOUDAS *et al.*, 2012). Outro fator considerável são os estudos que apontam propriedades medicinais de alguns gêneros de fungos comestíveis. (DIAS, 2010; SIQUEIRA *et al.*, 2012).

A indústria de cogumelos comestíveis consiste em três segmentos principais: cogumelos comestíveis cultivados, cogumelos medicinais e cogumelos silvestres comestíveis (selvagens). Tem sido observado um crescimento do consumo de cogumelos mundialmente, devido a suas qualidades nutricionais, como também avanços biotecnológicos para obtenção de bioprodutos para os setores farmacêutico, biorremediação, agricultura e pecuária (CHANG, 2018). Entre as espécies de maior consumo no país destacam-se as espécies do gênero *Pleurotus*, principalmente *P. ostreatus* (Shiimeji-Brasil ou Hiratake).

Atualmente, uma grande variedade de espécies que cultivadas são do gênero *Pleurotus*, sendo que, faziam, e ainda fazem parte dos fungos coletados nas florestas da Europa pelos "gourmets" para o preparo de pratos especiais (MAZIERO, 1990). Dentre os cogumelos deste gênero, todas as espécies conhecidas são comestíveis, sendo a espécie *P. ostreatus* a mais popular e a mais cultivada. Esta espécie é típica de regiões temperadas, possuindo píleo de coloração diversificada (branca, preta, salmão ou amarela), que variam de acordo com a espécie, incidência de luz durante a frutificação, necessidades nutricionais, tempo de incubação, e temperatura (FONSECA, 2013).

Como alvo principal de estudo do presente projeto, se destacam as espécies *Pleurotus ostreatus* (shimeji ou "cogumelo ostra"), conhecidos popularmente como "cogumelos ostra", que detém características e propriedades biológicas bastante desejáveis, é um dos mais nutritivos e saborosos (BONONI *et al.*, 1995; COHEN *et al.*, 2002). Com isso, houve possibilidade de ampliar o cultivo nestes últimos anos.

Esta espécie é natural de florestas tropicais e subtropicais, é um eficiente decompositor de resíduos agrícolas e agroindustriais como: esterco, palhas de trigo, arroz, milho, algodão, madeira, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos de serrarias, além de muito outros (EIRA, 2004). Sendo assim, o

cultivo do cogumelo ostra pode representar uma importante forma de aproveitamento de resíduos agrícolas, contribuindo para geração de empregos, produção de alimentos nutricionalmente saudáveis e minimização de problemas ambientais (MARINO *et al.*, 2008).

As pesquisas na área de cultivo de cogumelos comestíveis têm sugerido para o cultivo de cogumelos o aproveitamento de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais, tais como substratos à base de bagaço de cana de açúcar e de uva, palha de trigo, gramíneas, serragem, polpa e casca de frutas (EIRA, 2004), os quais correspondem à tecnologia limpa para o aproveitamento de resíduos orgânicos locais, além de possibilitar de produção de adubo pela utilização do substrato residual do cultivo.

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma alternativa para a utilização de resíduo agroindustrial, a serragem de *Pinus sp.*, avaliando o potencial de utilização de um sistema não axênico (sem esterilização do substrato) para o cultivo dos cogumelos comestíveis *P. ostreatus var. "shimofuri"*, *P. ostreatus var. "florida"*, e *P. ostreatus var. "salmão"*.

Material e Métodos

Para a realização do trabalho, foi desenvolvido um sistema de cultivo não asséptico (sem esterilização do substrato e sem controles ambientais), adequado para o cultivo de cogumelos da linhagem *Pleurotus ostreatus* com infraestrutura de produção instalada em ambiente residencial.

1. Materiais

1.1. Serragem de *Pinus sp.* não tratada

A serragem de *Pinus sp.* não tratada foi doada por uma empresa da Serra Gaúcha, situada no Município de Veranópolis, local onde o experimento foi conduzido.

1.2. Material biológico

O material biológico (inóculo) foi adquirido da empresa WPM Cogumelos (lojawpmcogumelos.com.br), sendo constituído por culturas de micélios de *P. ostreatus var. "shimofuri"*, *P. ostreatus var. "florida"*, e *P. ostreatus var. "salmão"* crescidas em substrato constituído por grãos de trigo (Figura 1).

2. Métodos

2.1. Preparo do meio de cultivo/substrato

Para a realização dos experimentos, foi utilizado o substrato serragem de madeira de *Pinus sp.* não tratada. Um saco de rafia contendo serragem seca (5 kg), foram submersos em água mineral por 12 horas para umidificação. Após, a água em excesso foi removida por escoamento durante 2 horas, para atingir o nível de 70%. Posteriormente, o substrato foi preparado sobre uma lona plástica, com 93% de serragem, adicionando 1% de calcário para fins de esterilização e correção de pH para cerca de 7,0; e, 6% de farelo de trigo, para suplementação nutricional.

2.2. Inoculação e crescimento micelial

A inoculação das culturas foi realizada em sacos plásticos transparentes de polietileno (28,0 cm x 45 cm), sendo, inicialmente, acondicionada ao fundo de cada saco plástico aberto uma camada de serragem (2 cm de altura), seguida por uma camada de inóculo (30g de grãos). Na sequência, foi realizada a formação de novas camadas idênticas a inicial, até se obter 4 camadas de serragem intercaladas com camadas de inóculo. O substrato assim contido e ordenado nos sacos plásticos foi submetido a prensagem manual, para acomodá-lo e permitir a remoção do ar presente no interior dos sacos, sendo estes fechados com o auxílio de abraçadeiras de nylon. Ao final do processo, cada saco continha aproximadamente 1kg de peso total (Figura 3). Essa mesma metodologia foi utilizada para todos os genótipos testados.

Após o fechamento dos sacos, foram efetuados vários orifícios de 1.3 cm de diâmetro nas suas laterais (Figura 4), utilizando um bastão de madeira esterilizado com álcool 70%. Tais orifícios foram vedados com buchas de algodão hidrófilo, para garantir a troca gasosa e filtragem do ar. Após, os sacos foram suspensos na posição vertical e apoiados em uma estrutura metálica localizada na garagem da residência (Figura 5) onde permaneceram durante todo o período de cultivo, (quatro meses). As culturas foram desenvolvidas em ambiente sem quaisquer controles ambientais, principalmente de temperatura e umidade. Foi realizado fotoperíodo com a luz natural diária incidente na sala durante a fase de crescimento e de cultivo das culturas, as culturas permaneceram com a luz natural em um período de seis horas diárias, no período das dezoito horas restantes, era colocado sobre a estrutura metálica um manto de tecido escuro. Devido ao clima seco, as regas para controle de umidade foram realizadas três vezes ao dia com um pulverizador de água de irrigação de plantas, de 500 ml.

2.3. Indução da frutificação e colheita

Após a completa colonização do substrato, as buchas de algodão dos sacos foram removidas manualmente, com realização de leve aspersão de água sobre cada orifício utilizando o pulverizador de água, para estimular a emissão dos corpos de frutificação dos cogumelos a partir da massa micelial desenvolvida. Após a primeira colheita dos cogumelos desenvolvidos, novas perfurações foram realizadas nos sacos visando a indução de um novo ciclo de frutificação. Para manter o percentual de umidade de 66%, o qual é considerado ideal para o desenvolvimento do micélio a partir do meio de cultivo básico utilizado (TAN & WAHAB, 1997), foram realizadas regas de 25 ml de água mineral três vezes ao dia aplicada ao redor de cada saco contendo o cultivo, e, uma maior reposição de água nas culturas, foi realizada nos dias mais quentes, verificados quando necessário através da análise visual, do toque nas culturas e identificação de baixa umidade nos sacos de cultivo (5 regas diárias).

2.4. Rendimento e eficiência biológica

A eficiência biológica foi calculada com base na metodologia proposta por Silva *et al.* (2020), expressa pela relação do peso dos cogumelos frescos, em gramas, pela quantidade de substrato contida em cada saco.

$$EB(\%) = (\text{peso fresco dos cogumelos/peso seco do substrato inicial}) \times 100$$

Resultados e Discussão

A produção de cogumelos depende da rápida colonização do substrato e formação de micélio vigoroso. Estes fatores estão diretamente relacionados com a habilidade metabólica (enzimática) particular dos isolados do cogumelo *P. ostreatus* em decompor os substratos utilizados no seu cultivo, a rápida colonização é um processo favorável e mesmo desejável, pois reduz a chance de perdas de substrato por contaminação com microrganismos competidores oportunistas e também permite o estabelecimento de períodos mais curtos de incubação e frutificação. Considerando os resultados obtidos no presente trabalho, os isolados de *P. ostreatus* testados foram capazes de degradar e colonizar o substrato utilizado entre 10 a 15 dias, sendo considerada uma colonização rápida, uma vez que reduz os índices de contaminações (SALES-CAMPOS *et al*, 2008), o mesmo é influenciado pela temperatura, umidade, composição do substrato e da luminosidade no local.

É importante ressaltar que a suplementação de substratos lignocelulósicos pode alterar a relação C:N do substrato favorecendo um crescimento micelial vigoroso (SING; VERMA, 1996), pois influencia no tempo de degradação de matéria orgânica, e estimula um crescimento mais rápido. Contudo, no presente trabalho, o cultivo de *P. ostreatus var. salmão*, mesmo com a adição de suplementação nutricional (farelo de trigo a 6%) ao substrato, não foi possível constatar o crescimento e desenvolvimento do micélio nas culturas testadas, fato que pode estar relacionado a incidência de baixas temperaturas e condições climáticas desfavoráveis durante o período de colonização das culturas. A temperatura durante o período de cultivo oscilou entre 3°C (mínima) e 23°C (máxima), mantendo uma média de 15°C, sendo que o tempo de crescimento micelial variou de 15 a 20 dias.

A temperatura ideal para o crescimento do micélio das distintas espécies testadas é de 25°C, entretanto existe diferença entre a temperatura do ambiente de cultivo e a temperatura interna dos sacos inoculados, que pode variar entre 3°C e 6°C. Além disso, a temperatura do composto não pode ultrapassar 35°C – se exceder esse valor, a colonização do micélio/inóculo poderá ser comprometida (CHANG & WASSER, 2018). Os macrofungos, ao colonizarem e crescerem no substrato de cultivo, geram energia/calor, pois estão degradando a matéria orgânica e, conseqüentemente, o aumento da temperatura demanda a manutenção da umidade entre 66 e 70% para que se possa evitar que a temperatura no composto aumente demasiadamente (Marino *et al.*, 2008).

Com a ocorrência de temperaturas muito baixas durante o período de cultivo houve a inibição do crescimento e desenvolvimento do micélio de *P. ostreatus var. salmão*, que foi verificada através de análise visual, com paralela ocorrência de contaminação fúngica do substrato testado (Figura 6).

A linhagem *P. ostreatus var. florida* colonizou o substrato e completou o ciclo de crescimento micelial total em 15 dias, e imediatamente ao final desse período iniciou o desenvolvimento dos corpos de frutificação (Figura 7). No presente estudo, esta foi a linhagem que melhor se adaptou as condições do meio de cultivo testado, tendo apresentado rápida colonização do substrato e crescimento micelial, produzindo boas quantidades (578 g) de corpos de frutificação com excelente

qualidade dos cogumelos formados (Figura 8). Adicionalmente, e de um modo geral, se adaptou bem às condições ambientais e climáticas adversas de cultivo as quais foi submetida, embora sob temperaturas muito baixas (3°C a 5°C) os corpos de frutificação tenham sofrido estresse e apresentado deformidades morfológicas visíveis, tais como murchamento da estipe e coloração anormal das extremidades do píleo (Figura 9). Segundo Urben (2017) a qualidade dos corpos de frutificação de *P. ostreatus* está diretamente relacionada a formação de corpos frutíferos carnosos e bem desenvolvidos, com coloração branca, características presentes nos cogumelos produzidos neste trabalho (Figuras 8 e 10).

A linhagem *P. ostreatus* var. *shimofuri* colonizou o substrato e completou o ciclo de crescimento micelial total em 20 dias e, imediatamente ao final desse período, iniciou o desenvolvimento dos corpos de frutificação (Figura 11). Do mesmo modo que a linhagem *florida*, *P. ostreatus* var. *shimofuri* apresentou uma boa adaptação ao meio de cultivo testado, o qual favoreceu a rápida colonização e o crescimento micelial.

A quantidade de corpos de frutificação produzida por esta linhagem foi a maior entre as três variedades do gênero *P. ostreatus* testadas (781g), além dos cogumelos produzidos terem apresentado excelente desenvolvimento e qualidade (Figura 12). Em adição, as culturas dessa variedade se adaptaram bem às condições ambientais e climáticas nas quais foram mantidas e, mesmo quando submetidas a temperatura muito baixas (3°C a 5°C), os corpos de frutificação mantiveram, em sua maioria (média de 85%), o bom desenvolvimento sem apresentar alterações morfológicas visíveis, mostrando resistência superior ao frio intenso em comparação com *P. ostreatus* var. *florida*, embora uma pequena parcela, 15%, tenha apresentado leve alteração de coloração e enrugamento (Figura 13).

Cabe ressaltar que, em comparação com as culturas da var. *florida*, as culturas de *P. ostreatus* var. *shimofuri* necessitaram de maior hidratação (demandando maior número de regas dos sacos de cultivo) para a manutenção da umidade em níveis adequados, pois o substrato, nesse caso, absorveu maior quantidade de água. Nesse contexto, tem sido recomendada a manutenção de uma umidade relativa do ambiente de cultivo em torno de 90%, e do substrato variando entre 50 e 75%. Teores inferiores aos recomendados podem afetar a disponibilidade de nutrientes para as culturas e, assim, interferir negativamente no crescimento e desenvolvimento dos macrofungos. Por outro lado, teores de umidade muito elevados podem vir a afetar negativamente na disponibilidade de oxigênio do substrato, também interferindo negativamente no crescimento e desenvolvimento das culturas, além de favorecer o desenvolvimento de contaminantes (Chang e Miles, 2004).

Dentre as linhagens de *P. ostreatus* avaliadas, a variedade "*shimofuri*" foi a que apresentou a maior produção de cogumelos comestíveis (781g) e a melhor eficiência biológica (69%). A variedade "*florida*" apresentou menor desempenho, com uma produção de 578 g e uma eficiência biológica de 58%. Em contraste, a variedade *salmão* não conseguiu colonizar o substrato (meio de cultivo) testado, não tendo desenvolvido estruturas miceliares ou corpos de frutificação, tendo sido constatada a presença de contaminação das culturas inoculadas. Desse modo, foi possível concluir que, dentre as linhagens fúngicas testadas, *P. ostreatus* var. "*shimofuri*" apresentou a maior eficiência biológica na reciclagem (degradação biológica) do substrato serragem de madeira, bem como maior

produção de cogumelos comestíveis, os quais apresentaram excelente qualidade morfológica, características que o qualificam como agente biológico adequado para a execução de tais processos.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, foi possível constatar que entre as linhagens de *P. ostreatus* testadas, duas apresentaram potencial para colonizar, crescer e se desenvolver adequadamente no substrato testado (serragem de madeira suplementado com farelo de trigo), mesmo em condições ambientais e climáticas adversas, sem a necessidade de instalação no ambiente de cultivo de equipamentos para controle de temperatura e umidade, reduzindo o investimento em infraestrutura necessária para o estabelecimento e manutenção das culturas.

Segundo Eira (2004), os cogumelos do gênero *Pleurotus* apresentam grande potencial de cultivo no Brasil em razão de sua maior rusticidade e facilidade de cultivo. É previsto um crescimento substancial da produção e consumo de cogumelos no País, através do processo de globalização que possibilita a interconexão cultural, inclusive hábitos culinários, e também a crescente busca por alimentos mais saudáveis e funcionais (MARTÍNEZ-IBARRA, 2019). Nesse sentido, a incorporação de *P. ostreatus* na dieta alimentar nacional pode ser considerada positiva, pois possui considerável valor nutricional em proteínas (16,21%), fibras (7,60%), carboidratos (40,03%), vitaminas e minerais, com a vantagem de apresentar baixo valor calórico, teor de gorduras 4,3% e sódio (*Food Policy and Nutrition Division*). Além de suas propriedades nutricionais, possuem também propriedades medicinais, com efeitos benéficos promissores à saúde (MASRI *et al.*, 2017).

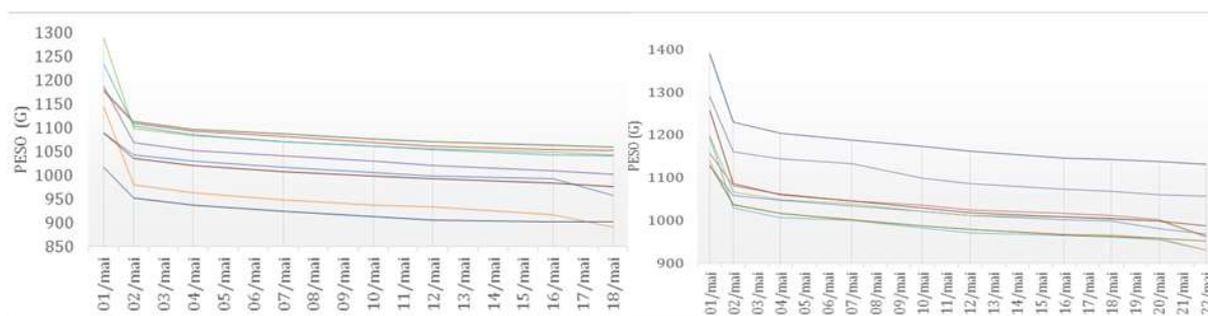
Entre a ampla aplicação de benefícios dos cogumelos no mercado alimentício, farmacológico, produção de enzimas, fonte de matéria-prima para o desenvolvimento de novas tecnologias, Bruscato (2017) analisou o potencial do resíduo de bioespumas de cogumelos, em cultivo de alfaces, a qual comprovou que a presença da matéria orgânica das bioespumas auxiliou na manutenção e no suprimento de nutrientes necessários para o desenvolvimento das mudas de alface, bem como a umidade mantida pela serragem. Esse fato confirmou a possível utilização das bioespumas de macrofungos produzidas, após seu uso, como um biofertilizante agrícola, ou seja, o substrato utilizado para o cultivo de cogumelos não mais se torna um resíduo, sendo possível aplicá-lo em plantações, na forma de adubo.

Figura 1 - Cultura de micélios crescidos em grãos de cereais. A) *P. ostreatus* var. “shimofuri”, B) *P. ostreatus* var. “florida”, e C) *P. ostreatus* var. “salmão”. **Figura 2** - Aspecto da serragem espalhada sobre lona plástica, contendo farelo de trigo e calcário antes da homogeneização. **Figura 3** – Inoculação das culturas – vista lateral (A) e vista superior (B) das camadas de serragem e de inóculo. **Figura 4** – Bastão de madeira (A) e orifícios vedados com algodão para a troca gasosa e filtragem do ar do meio de cultivo. **Figura 5** – Aspecto das culturas mantidas em ambiente estruturado na garagem de residência. **Figura 6** – Meio de cultivo inoculado com *P. ostreatus* var. *salmão*, contaminado. **Figura 8** – Corpos de frutificação da linhagem *P. ostreatus* var. *florida* com 30 dias (A, B e C); corpos de frutificação da linhagem *P. ostreatus* var. *florida* com 45 dias (D, E e F). **Figura 9** - Cultivo da linhagem *P. ostreatus* var. *florida* após período de estresse térmico (temperatura entre 3°C e 5°C). **Figura 10** – Corpos frutíferos de boa qualidade do cultivo da linhagem *P. ostreatus* var. *florida*. **Figura 12** - Corpos de frutificação da linhagem *P. ostreatus* var. *shimofuri*. **Figura 13** - Cultivo da linhagem *P. ostreatus* var. *shimofuri* após período de estresse térmico (temperatura variando entre 3 °C e 5°C).



Fonte: Autor (2021).

Figura 7 – Crescimento micelial da linhagem *P. ostreatus* var. *florida* no período de 18 dias. **Figura 11** – Crescimento micelial da linhagem *P. ostreatus* var. *shimofuri* no período de 22 dias.



Fonte: Autor (2021).

Considerações Finais

A utilização da serragem de *Pinus* sp. não tratada, suplementada com farelo de trigo a 6%, como substrato do cultivo de linhagens de cogumelos do gênero *Pleurotus*, dentro das condições experimentais adotadas, conduziu a obtenção de resultados positivos, permitindo o estabelecimento (colonização), desenvolvimento (crescimento micelial), e formação de corpos de frutificação (cogumelos) a partir de culturas mantidas em sala de crescimento na ausência de controles ambientais (temperatura e umidade), demonstrando o potencial do sistema desenvolvido para o reaproveitamento do resíduo estudado.

Entre as linhagens avaliadas, foi possível obter o desenvolvimento de corpos de frutificação (cogumelos) a partir de culturas das linhagens de *P. ostreatus* var. *florida* e *P. ostreatus* var. *shimofuri*, enquanto a linhagem *P. ostreatus* var. *salmão* não se mostrou responsiva ao substrato e as condições experimentais testadas. O crescimento micelial mais rápido foi constatado para a linhagem de *P. ostreatus* var. *florida*, enquanto quantidades superiores de corpos de frutificação foram obtidas nas culturas da variedade *P. ostreatus* var. *shimofuri*, sugerindo variabilidade adaptativa das linhagens ao sistema testado.

Em função dos resultados aqui apresentados e discutidos, é possível constatar que novos produtos podem ser obtidos a partir do reaproveitamento de resíduos agroindustriais e florestais, em especial se considerarmos a possibilidade da destinação dos mesmos como matérias primas para o estabelecimento de processos produtivos capazes de gerar produtos de alto valor agregado, como é o caso dos cogumelos comestíveis, contribuindo para a geração de novas cadeias produtivas, gerando renda aos produtores locais, e estimulando o empreendedorismo, a economia e o desenvolvimento regional

Referências

- BRUSCATO, C., Desenvolvimento de bioespumas empregando resíduos agroindustriais e macrofungos regionais. 98f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia de Processos e Biotecnologias) – Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 2017.
- BRUSCATO, C., MALVESSI, E., BRANDALISE, R. N., CAMASSOLA, M. High performance of macrofungi in the production of mycelium-based biofoams using sawdust — Sustainable technology for waste reduction. *Journal of Cleaner Production*, v. 234, p 225-232, 2019.
- CABREIRA, M. P.; Classificação de resíduos de serraria e seu potencial de utilização. 2011. 47F. Monografia (Graduação de Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Pampa. São Gabriel. 2011.
- CHANG, S. WASSER, S. P. Current and Future Research Trends in Agricultural and Biomedical Applications of Medicinal Mushrooms and Mushroom Products. Hong Kong: China, 2018.
- CHANG, S.-T.; MILES, P.G.. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*. 2 ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, 451 p. 2004.
- DIAS, E. S. Cultivo de cogumelos no Brasil: desafios e potencial de crescimento. Lavras, MG, Brasil. 2010.
- DUTRA, R. I. J. P; NASCIMENTO, S. M. do. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. 2003. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2003.
- EIRA, A.F. Fungos comestíveis. In: ESPÓSITO, E.; AZEVEDO, J.L. (Ed.). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul: Educs, 2004. 510p. Capítulo 12.

FAGUNDES, H. A. V. Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.

FLOUDAS, D. BINDER, M. RILEY, R. BARRY, K. BLANCHETTE, R. A. HENRISSAT, B. MARTÍNEZ, A.T. OTILLAR, R. SPATAFORA, J.W. YADAV, J.S. AERTS, A. BENOIT, I. BOYD, A. The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from fungal genomes. 2012

GONZALEZ, A.; CUADROS, F.; RUIZ, C. A.; LOPEZ, R. F.; Environmental and energetic benefits derived from the anaerobic digestion of agroindustrial wastes. *International Journal of Global Warming*: 407-420, 2012.

HILLIG, E. et al. Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento. In: XXVI ENEGEP. 2006. Fortaleza, CE. Anais eletrônicos... CE, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR520346_8192.pdf. Acesso em: 02 abr. 2021.

IMFLORESTAL- Estudo de quantificação do total de resíduos agrícolas e vegetais em cada distrito principalmente centro/norte, de cada biomassa proveniente de podas. Ibero Massa Florestal, Lda- 2014.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

LIMA, E. G. de.; SILVA, D. A. da. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas-PR. *Floresta*, v.35, n. 1, Curitiba, PR, 2005.

MACHADO, A. E. V. Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate (*Solanum lycopersicum*). Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins. Gurup, 2019.

MARINO, R.H., ABREU, L.D., MESQUITA, J.B., RIBEIRO, G.T. CRESCIMENTO E CULTIVO DE DIFERENTES ISOLADOS DE *Pleurotus ostreatus* (JACQ.: FR.) KUMMER EM SERRAGEM DA CASCA DE COCO. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.75, n.1, p.29-36, jan./mar., 2008

MARTÍNEZ-IBARRA, E. GÓMEZ-MARTÍN, B. M. ARMESTO-LÓPEZ, X. A. Climatic and Socioeconomic Aspects of Mushrooms: The Case of Spain. Barcelona: Espanha, 2019.

MASRI, H. J. et al. The Edible Mushroom *Pleurotus* spp.: II. Medicinal Values. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*. vol. 6, n. 1, p. 1-11, 2017.

MAZIERO, R. Substratos alternativos para o cultivo de *Pleurotus* spp. 1990. 136p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1990.

NITAYAVARDHANA, S.; KHANAL, S. K. Biofuel Residues/Wastes: Ban or Boon Critical Reviews. in *Environmental Science and Technology* 42: 1-43. 2012.

PANDA, S.K.; MISHRA, S.S.; KAYITESI, E.; RAY, R.C. Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes. *Environmental research*, v 146, p. 161-172, 2016.

PEDROSO, A. L.; Produção de *Pleurotus* spp em resíduo da indústria do cigarro e avaliação do substrato exaurido. 2003, 11 – 26 p. Dissertação (mestrado em biologia) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba – PR.

PIROTA, R. D. P. B.; TONELOTTO, M.; DELABONA, P. D.; TREMACOLDI, C. R.; FARINAS, C. S.; Characterization of unguis isolated from the Amazon region for the potential of biomass – degrading enzymes production. *Ciência Rural* 45: 1606-1612. 2015.

RAFATULLAH, M. SULAIMAN, O. HASHIM, R. AHMAD, A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review. 2010.

SALES-CAMPOS, C.; EIRALL, A. F.; JESUS, M. P.; CAMPAGNOLLI, F.; ANDRADE, M. C. N. Mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* in Simarouba amara sawdust. *Pesq. agropec. bras.* 43 (11), 2008.

SANCHEZ, C. Modern Aspects of mushroom culture technology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.64, n.6. p 756-762, 2004.

SINGH, T.G.; VERMA, R.N. Studies on carbon and nitrogen of *Lentinula lateritia* (Berk.) Pegler strains from northeastern India. In: INTERNATIONAL CONFERENCE MUSHROOM BIOLOGY AND MUSHROOM PRODUCTS, 2., 1996, Pennsylvania. Proceedings. Pennsylvania: 1996. p.345-354.

SIQUEIRA, F. G.; MACIEL, W. P.; MARTOS, E. T.; Duarte, G. C.; MILLER, R. N. G.; SILVA, R.; DIAS, E. S.. Cultivation of *Pleurotus* mushrooms in substrates obtained by short composting and steam pasteurization. *African Journal of Biotechnology*, v. 11, p. 11630-11635, 2012.

TAN, Y.H., WAHAB, M.N. Extracellular enzyme production during anamorphic growth in the edible mushroom *Pleurotus sajor-caju*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 13, p. 613-617, 1997.

URBEN, A. F. Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde. Brasília: Embrapa. 2017.