

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JHENNIFER CRISTINA SERAFIM BATTISTI**

**PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS EM SUBSTRATO  
ENRIQUECIDO COM BASALTO**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2024**

**JHENNIFER CRISTINA SERAFIM BATTISTI**

**PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS EM SUBSTRATO  
ENRIQUECIDO COM BASALTO**

**Production of edible mushrooms in substrate enriched with basalt**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ronan Carlos Colombo

Coorientador: Prof. Dr. Wagner da Silveira

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JHENNIFER CRISTINA SERAFIM BATTISTI**

**PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS EM SUBSTRATO  
ENRIQUECIDO COM BASALTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 28 de junho de 2024

---

Ronan Carlos Colombo  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ronaldo Follmann Santps  
Mestrado em Tecnologia de Alimentos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Edilaine Mauricia Gelinski Grabicoski  
Mestrado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2024**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de iniciar agradecendo as duas pessoas mais importantes da minha vida, meus pais. Que nunca mediram esforços para me proporcionar tudo que tenho e sou hoje, o apoio, incentivo e amor deles me trouxeram até aqui.

Ao meu irmão, Douglas, que desempenhou um papel muito importante durante toda a minha formação com toda a sua generosidade e ajuda fazendo com que eu estivesse aqui hoje concluindo mais uma etapa da minha vida. Eu te amo.

A minha prima, Ana Luisa, que foi muito mais que família, esteve ao meu lado sempre nestes últimos anos da faculdade, me apoiando e acreditando em mim, fazendo que todo esse processo longe das pessoas que eu mais amo se tornasse leve e feliz. Eu te amo tanto que não consigo colocar em palavras o quanto você é importante para mim.

Ao meu namorado, Gabriel, que me ajudou de diversas formas, não somente na escrita deste trabalho, mas também em todos os aspectos da minha vida pessoal e acadêmica, sempre me apoiando, incentivando e me mostrando o quanto eu sou capaz. Eu te amo, obrigada por tudo.

Aos meus amigos, Bruna, Bianca, Daiane e Gustavo, obrigada por todos os momentos que compartilhamos, vocês me mostraram o quanto a amizade é importante para superar os obstáculos que a vida coloca no nosso caminho e como superar eles, ao lado de pessoas tão incríveis como vocês, tornaram tudo mais fácil. Vocês se tornaram a família que eu escolhi.

Ao meu orientador, professor Ronan, que aceitou a proposta de me orientar. Obrigada por todo conhecimento compartilhado, tempo, auxílio e paciência.

Ao meu coorientador, professor Wagner, por compartilhar comigo a ideia de um tema tão interessante e principalmente obrigada por compartilhar ideias e conhecimentos para melhorar este trabalho.

A todos os técnicos de laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do campus de Francisco Beltrão (UTFPR-FB), por todo apoio e suporte.

Por fim, agradeço a todos que não foram citados aqui, mas que de forma direta ou indireta me ajudaram na realização deste trabalho, aqui declaro meus mais sincero obrigada.

## RESUMO

A produção de cogumelos, especialmente o shimeji (*Pleurotus ostreatus*), ganha relevância global devido à demanda por alimentos saudáveis e nutritivos. Este estudo focou no enriquecimento do substrato de cultivo com pó de rocha basáltica, explorando uma alternativa de baixo custo para promover o crescimento e a qualidade dos cogumelos. O cogumelo para cultivo foi adquirido online, na loja Cogushi, em caixas que já continham o substrato esterilizado e inoculado com micélio de *Pleurotus ostreatus*. O estudo foi conduzido com dois tratamentos: sem adição de pó de basalto e com adição de pó de basalto, ao substrato. Cada tratamento foi aplicado em três caixas de cultivo. Após a colheita dos cogumelos, realizou-se as análises de cinzas e proteínas. Na análise de cinzas, as amostras tratadas com pó de rocha basáltica apresentaram uma média de 2,50% de cinzas, enquanto nas amostras controle o valor médio foi de 1,75%. Em relação ao teor de nitrogênio, um indicador de proteína bruta, as amostras tratadas registraram em média 4,25% de nitrogênio, correspondendo a aproximadamente 18,6% de proteína, enquanto as amostras controle, apresentaram 3,42% de nitrogênio e 14,97% de proteína. Esses resultados sugerem que o substrato enriquecido com pó de rocha basáltica promoveu um aumento significativo no teor de proteína e cinzas nos cogumelos shimeji, tornando-os uma fonte mais rica desses nutrientes essenciais. Isso ressalta o potencial do pó de basalto como um aditivo eficaz no cultivo de cogumelos, oferecendo uma abordagem sustentável e economicamente viável para melhorar a qualidade nutricional desses alimentos. Além disso, a metodologia de cultivo adotada mostrou-se eficiente, com os cogumelos prontos para colheita em apenas três dias após o início do cultivo. Isso destaca a viabilidade prática desse método de produção, que pode ser implementado por agricultores e produtores interessados em cultivar cogumelos de alta qualidade. Em suma, este estudo contribui para o conhecimento sobre o cultivo de cogumelos shimeji, demonstrando o potencial do pó de basalto como um aditivo para melhorar a qualidade nutricional desses alimentos. Essas descobertas podem ter importantes implicações para a indústria agrícola, fornecendo uma estratégia promissora para aumentar a produção de cogumelos de forma sustentável e econômica.

Palavras-chave: basalto; cogumelos; produção; substrato.

## ABSTRACT

The production of mushrooms, especially shimeji (*Pleurotus ostreatus*), is gaining global relevance due to the demand for healthy and nutritious foods. This study focused on enriching the cultivation substrate with basalt rock powder, exploring a low-cost alternative to promote mushroom growth and quality. The cultivation mushrooms were purchased online from Cogushi store, in boxes already containing sterilized substrate inoculated with *Pleurotus ostreatus* mycelium. The study involved two treatments: without addition of basalt powder and with basalt powder added to the substrate. Each treatment was applied to three cultivation boxes. After harvesting the mushrooms, ash and protein analyses were performed. In the ash analysis, samples treated with basalt rock powder showed an average of 2.50% ash content, whereas control samples averaged 1.75%. Regarding nitrogen content, an indicator of crude protein, treated samples averaged 4.25% nitrogen, corresponding to approximately 18.6% protein, while control samples had 3.42% nitrogen and 14.97% protein. These results suggest that substrate enriched with basalt rock powder significantly increased protein and ash content in shimeji mushrooms, making them a richer source of these essential nutrients. This highlights the potential of basalt powder as an effective additive in mushroom cultivation, offering a sustainable and economically viable approach to enhance the nutritional quality of these foods. Additionally, the cultivation methodology proved efficient, with mushrooms ready for harvest just three days after the start of cultivation. This underscores the practical viability of this production method, which can be implemented by farmers and producers interested in cultivating high-quality mushrooms. In summary, this study contributes to the knowledge of shimeji mushroom cultivation, demonstrating the potential of basalt powder as an additive to improve the nutritional quality of these foods. These findings may have important implications for the agricultural industry, providing a promising strategy to increase mushroom production sustainably and economically.

Keywords: basalt; mushrooms; production; substrat

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Kit cultivo de cogumelo na caixa.....	17
Figura 2 – Cogumelo Shimeji 12 horas após o início do cultivo .....	17
Figura 3 – Cogumelo Shimeji três dias após o início do cultivo, pronto para colheita..	18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados de cinzas (%) obtidos em cogumelo shimeji, cultivados em substratos sem e com adição de pó de rocha basáltica .....	20
Tabela 2 – Teor de Nitrogênio (%) e Proteína Bruta (%) obtidos em cogumelo shimeji, cultivados em substratos, sem e com adição de pó de rocha basáltica .....	23

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>10</b>
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Fungos.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Cogumelos .....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Mercado Nacional e Internacional.....	11
2.2.2 Espécies de Cogumelos Mais Produzidas Comercialmente .....	12
<b>2.3 Shimeji.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Basalto .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Substratos para o Cultivo de Shimeji .....</b>	<b>14</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Cultivo e Colheita .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Análises Físico-Químicas .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Resíduo por Incineração (Cinzas).....	18
3.2.2 Teor de Nitrogênio (Proteína Bruta).....	19
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de cogumelos comestíveis é uma atividade agrícola de crescente relevância global, impulsionada pela demanda por alimentos saudáveis e nutritivos. Os cogumelos em geral apresentam alto teor de proteínas, minerais, vitaminas e quase não apresentam porcentagem significativa de gordura. Por ser um alimento saudável e possuir diversos nutrientes, eles são considerados uma alternativa de enriquecimento alimentar para pessoas que pararam de comer carne. Mesmo que essa indústria ainda não seja muito presente no Brasil, ela vem crescendo por conta da crescente procura e pelo seu alto valor gastronômico e proteico (Gonçalves, 2012).

Entre as variedades de cogumelos cultivados, o shimeji (*Pleurotus ostreatus*) desponta como uma opção altamente apreciada por seu sabor característico e seu valor nutricional. No entanto, a otimização dos métodos de cultivo é essencial para atender à crescente demanda e garantir a qualidade do produto final. O cogumelo shimeji é valorizado por sua composição rica em proteínas, fibras, vitaminas e minerais, tornando-o um componente valioso na dieta humana (Sanches, 2010). Sua produção desempenha um papel econômico relevante, contribuindo para a geração de empregos e o desenvolvimento da indústria agrícola e alimentícia. Portanto, a busca por práticas de cultivo mais eficientes e sustentáveis é fundamental.

O substrato é uma alternativa muito utilizada e difundida na produção de diversas culturas, mas ganha grande destaque na produção de cogumelos; pois, fornece os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento do micélio, a fase vegetativa do fungo. Esses substratos, muitas vezes compostos por uma mistura de materiais orgânicos, como palha e resíduos agrícolas, oferecem uma matriz rica em carbono e nitrogênio. Isso não apenas sustenta o metabolismo do fungo, mas também influencia diretamente a qualidade e a quantidade da colheita final. Além disso, substratos bem formulados podem afetar positivamente a eficiência da produção, acelerando o ciclo de cultivo e reduzindo o risco de contaminações indesejadas (Batista; Rodrigues, 2021).

No Brasil, é notável a presença significativa de pequenas e médias empresas envolvidas na extração de basaltos para aplicação na construção civil e pavimentação de estradas, sendo essencial explorar formas de reutilizar o pó de basalto, apesar de sua limitada viabilidade comercial (Instituto Brasileiro de Mineração, 2017). A composição do basalto varia de acordo com a região onde é encontrado, porém, em linhas gerais, tanto o basalto quanto suas fibras são considerados seguros para a saúde (Kogan; Nikitina, 1994; Hesterberg *et al.*, 1993). Por esse motivo, o basalto tem sido considerado como uma opção viável para enriquecer substratos

agrícolas, dada sua riqueza em cálcio, magnésio e outros elementos essenciais (Eutrópio, 2021). Nesse contexto, torna-se imprescindível analisar cuidadosamente como o basalto interage com o substrato para garantir sua utilização de forma segura.

No que tange à dependência do Brasil em relação à importação de fertilizantes, mesmo sendo um dos maiores exportadores de alimentos, é evidente que o país enfrenta desafios significativos (Pillon, 2016). O basalto surge como uma alternativa promissora às fontes tradicionais de fertilizantes, especialmente pela prática conhecida como rochagem, que visa revitalizar solos degradados ou empobrecidos através da incorporação de rochas moídas (Leonardos; Theodoro, 1999). Estudos anteriores destacam o potencial da rochagem na correção e enriquecimento do solo, indicando sua eficácia em diversos contextos agrícolas (Dantas *et al.*, 2022). O uso de pó de rocha basáltica tem o potencial de aumentar a fertilidade dos solos, o que pode resultar em produções agrícolas mais seguras e nutricionalmente ricas, oferecendo uma opção mais acessível para os produtores em comparação com os fertilizantes tradicionais (Huff *et al.*, 2021).

Neste contexto, este trabalho visa analisar o enriquecimento do substrato utilizado para o desenvolvimento do cogumelo shimeji com a adição de pó de rocha basalto, de baixo custo comercial. O pó de rocha basáltica apresenta valores significativos de nutrientes, podendo promover melhor crescimento do cogumelo e incorporação destes nutrientes durante seu desenvolvimento, agregando maiores concentrações no produto final.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Análise de Cultivo em substrato orgânico, acrescido de pó de rocha basáltica, na produção de cogumelos shimeji (*Pleurotus ostreatus*).

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Implantar o cultivo *indoor* de cogumelos shimeji (*Pleurotus ostreatus*), empregando *kit* de cultivo comercial;
- Tratamento térmico de pó de rocha basáltica e adição deste material ao substrato de cultivo;
- Analisar a produção dos cogumelos shimeji e suas características nutricionais, considerando o tratamento do substrato com pó de rocha basáltica.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Fungos**

Os fungos são seres vivos heterotróficos que costumavam ser classificados como plantas primitivas ou degeneradas no passado, pois não possuem clorofila. No entanto, atualmente, compreende-se que as únicas características que compartilham com as plantas - exceto aquelas comuns a todos os eucariotos - são sua natureza fixa no lugar onde crescem e o padrão de crescimento multicelular (embora algumas variedades, como as leveduras, sejam unicelulares). As evidências moleculares indicam fortemente que os fungos estão mais relacionados aos animais do que às plantas (Raven, 2007).

Segundo Azevedo (2018), os fungos fazem parte do Reino Fungi e estão divididos em seis filos e quatro subfilos. É possível caracterizá-los com base em suas características morfológicas e fisiológicas como organismos eucarióticos, em sua maioria com uma estrutura filamentosa chamada micélio. São heterotróficos e obtêm nutrição por meio de osmose ou absorção, o que os diferencia dos outros eucariotos. A reprodução ocorre por meio de esporos gerados através de meiose (meiósporos) e por esporos de propagação vegetativa resultantes da mitose (mitósporos). Além disso, devido ao seu metabolismo, alguns fungos podem ser prejudiciais, por exemplo, devido à produção de micotoxinas, mas muitos são benéficos para os seres humanos e são usados em diversas indústrias, incluindo a farmacêutica e a alimentícia (Azevedo, 2018).

### **2.2 Cogumelos**

#### **2.2.1 Mercado Nacional e Internacional**

A alta receptividade e a busca por cogumelos frescos para enriquecer a alimentação diária abriram oportunidades em um novo setor no Brasil. O consumo de cogumelos pelos brasileiros ainda é limitado em comparação com outras nações. Conforme divulgado pela Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos (ANPC, 2018), o consumo anual de cogumelos no Brasil é de 360 gramas por indivíduo, uma quantidade significativamente menor do que a registrada em países europeus e asiáticos, onde o consumo anual costuma exceder 2,8 quilogramas por pessoa.

Segundo um estudo conduzido pelo Grand View Research (GRV, 2021), o mercado global de cogumelos gera uma movimentação de 50,3 bilhões de dólares anualmente. As estimativas preveem uma expansão em uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 9,7% de 2022 a 2030. De acordo com dados da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, do estado de São Paulo (SAA-SP, 2020), no Brasil, a maior produção de cogumelos se concentra neste estado; são, aproximadamente, 500 produtores, os quais contribuem com R\$ 21 milhões em movimentação. Conforme a Associação Nacional de Produtores de Cogumelos (ANPC, 2020), a produção no Brasil cria cerca de 3 mil empregos diretos.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o país ainda não produz o suficiente para atender à demanda interna. A produção de 12 mil toneladas de cogumelos frescos não satisfaz as necessidades do mercado doméstico, levando à importação de cogumelos de países como a China, líder na lista dos maiores produtores. Estados Unidos, Itália e Holanda também figuram no topo dos maiores produtores (FAO, 2017). Essas informações indicam a existência de um nicho de mercado em crescimento no Brasil, com potencial para diversificar as atividades agrícolas e criar fontes de renda no setor, fortalecendo assim a agricultura familiar.

### 2.2.2 Espécies de Cogumelos Mais Produzidas Comercialmente

No território brasileiro, a produção de cogumelos é de pequena escala e concentrada principalmente nos estados de São Paulo e Paraná, embora os produtores, também, estejam presentes em Minas Gerais, Rio de Janeiro, sul da Bahia, em Pernambuco, Brasília e Rio Grande do Sul. O aumento do número de produtores de cogumelos no Brasil é dificultado pelos elevados custos de produção e pela elevada taxa de importação deste produto da China (ANPC, 2013).

Um estudo realizado por Duprat e De Souza (2003) na cidade de Pelotas, localizada no estado do Rio Grande do Sul, revelou que nesta região as variedades de cogumelos mais comercializadas no mercado são o Cogumelo Paris (*Agaricus Bisporus*) com 72,9%, seguido por Shiitake (*Lentinula edodes*) e Shimeji (*Pleurotus ostreatus*), que juntos somam 20,4%. Outros tipos de cogumelos respondem por 6,7% do mercado (Silva *et al.*, 2017). Já no Distrito Federal, em 2003, o cogumelo mais consumido foi o Cogumelo Paris (*Agaricus Bisporus*), que teve uma participação de mercado de 88,0%. Em segundo lugar, estava o Shiitake (*Lentinula edodes*) com 9%, e o Cogumelo Piedade (*Agaricus blazei*) com 3% (Duprat; De Souza, 2003). Esse padrão de consumo pode estar correlacionado com a produção e a disponibilidade de

diferentes espécies de cogumelos presentes no Brasil (Rodrigues; Okura, 2022). Um estudo realizado por Maggio *et al.*, (2021) revelou que o gênero *Agaricus* ocupa o segundo lugar em termos de diversidade de espécies encontradas, com cerca de 300 espécies conhecidas que englobam tanto comestíveis quanto venenosas, sendo superado apenas pelo gênero *Lepiota*.

### 2.3 Shimeji

Originário da China, o Shimeji (*Pleurotus ostreatus*) é o terceiro cogumelo mais cultivado globalmente, com um elevado teor de carboidratos, podendo atingir quase 82% em base seca (Rodrigues; Okura, 2022). Pesquisas conduzidas por Credencio (2010) e Urben (2017), sugerem que o Shimeji, também, pode ser uma fonte de vitamina B3, cobre, potássio e fósforo.

Uma pesquisa realizada por Helm *et al.*, (2009) em Curitiba, no estado do Paraná, com o objetivo de avaliar a qualidade dos cogumelos comestíveis disponíveis na região, revelou que os percentuais encontrados nos cogumelos shimeji para carboidratos foram de 28,57%, enquanto para proteínas e fibras alimentares foram de 37,51% e 21,49%, respectivamente (Helm *et al.*, 2009). Além disso, Cunha *et al.*, (2011) também examinou a qualidade de cogumelos cultivados em diferentes regiões do Brasil. No caso dos cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus* produzidos no Distrito Federal, foi observado um teor de carboidratos significativamente maior, atingindo 66,04%. Quanto às proteínas, não houve uma diferença substancial entre as amostras, registrando 13,72% para os produzidos na capital brasileira e 13,79% para os cultivados no estado de São Paulo. No entanto, o teor de fibras totais apresentou uma grande discrepância, com as amostras de Mogi das Cruzes alcançando 19,17%, enquanto os cogumelos cultivados no Distrito Federal atingiram impressionantes 34,79% (Cunha *et al.*, 2011).

A análise centesimal desta espécie realizada, por Credencio (2010), com cogumelos comercializados em Araraquara-SP, apresentaram uma predominância de fibras alimentares totais, com 41%, seguido por proteínas (24,8%) e carboidratos (23,4%). Em um estudo conduzido por Furlani e Godoy (2007), em Campinas-SP, amostras de Shimeji apresentaram em média 65,82% de carboidratos, sendo este o nutriente predominante, 39,62% de fibras alimentares totais e 22,22% de proteínas. Tavares (2015) e Campos *et al.*, (2011), relatam que essa variação pode ser resultado das diferentes composições de substrato utilizadas durante o cultivo.

## 2.4 Basalto

Basalto, é uma rocha ígnea, eruptiva, de aparência escura, com uma textura de grãos finos, geralmente afanítica, o que significa que seus cristais não são visíveis a olho nu. Além disso, possui uma alta proporção de vidro em sua composição, que é uma substância amorfa (Filla, 2011). Essas rochas se formam a partir da solidificação de lava de baixa viscosidade depositada sobre a crosta terrestre, sendo principalmente compostas por plagioclásio e piroxênio, e, em alguns casos, olivina. Entre os minerais mais comuns estão os óxidos de ferro e titânio (Simoni; Lorini, 2011).

A textura dos basaltos pode variar de vítrea a holocristalina, sendo a textura intergranular a mais comum. O basalto é essencialmente composto por minerais contendo silício, alumínio e ferro, representados por piroxênios (augita), plagioclásios (labradorita) e magnetita. Sua composição química geralmente inclui aproximadamente 43 a 47% de  $\text{SiO}_2$ , 11 a 13% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10 a 12% de  $\text{CaO}$  e 8 a 10% de  $\text{MgO}$ , além de outros óxidos presentes em proporções menores, geralmente abaixo de 5% (Schiavon; Redondo; Yoshida, 2007.)

O pó de rocha pode ser empregado como um remineralizador de solos, liberando gradualmente seus componentes mineralógicos. Dessa maneira, os macros e micronutrientes contidos nele são preservados e disponibilizados conforme a necessidade de fertilização do solo e das plantas. Portanto, esse resíduo apresenta-se como alternativa ao uso de fertilizantes altamente solúveis, como fonte de elementos nutricionais (Theodoro, 2000).

A Lei Federal nº. 12.890 de 10 de dezembro de 2013, adicionou os remineralizadores como insumos agrícolas, sendo classificados como materiais derivados de minerais que passaram apenas por processos mecânicos de redução de tamanho. Eles possuem a capacidade de melhorar os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes às plantas, promovendo aprimoramento nas propriedades físico-químicas e na atividade biológica do solo (Brasil, 2013).

## 2.5 Substratos para o Cultivo de Shimeji

O cultivo de cogumelo shimeji em substrato orgânico é uma prática agrícola que tem recebido crescente atenção devido aos benefícios nutricionais e ambientais associados. Em um contexto científico, a escolha do substrato orgânico se fundamenta na capacidade de fornecer uma matriz rica em nutrientes essenciais para o desenvolvimento saudável do cogumelo. A composição orgânica não apenas supre as demandas nutricionais específicas do shimeji, mas

também contribui para a obtenção de um produto final com características organolépticas superiores (Steffen, 2020). O substrato orgânico, proveniente de fontes naturais e renováveis, desempenha um papel crucial na sustentabilidade do processo de cultivo. Este substrato proporciona uma base propícia para o crescimento micelial do shimeji, promovendo uma simbiose benéfica entre o fungo e os componentes orgânicos. Além disso, a utilização de substratos orgânicos no cultivo de cogumelos contribui para a redução da pegada ambiental, ao passo que se alinha às práticas agrícolas mais ecológicas e socialmente responsáveis (Lopes *et al.*, 2022).

Para Bernardi (2020) a diversidade de substratos orgânicos disponíveis oferece oportunidades para explorar diferentes formulações, adaptando-se às características regionais e disponibilidade local. Essa flexibilidade no uso de substratos orgânicos proporciona aos produtores uma gama de opções, promovendo a adaptação a diferentes contextos e condições climáticas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O pó de basalto foi obtido na Pedreira Motter, em Francisco Beltrão, Paraná. Este material apresentava granulometria de cerca 150 micrometros, desta forma, o tamanho da partícula é pequeno, impactando no aumento da área de contato do remineralizador com o substrato. Após esse processo, o pó de basalto passou por um tratamento térmico com a intenção de que o mesmo libere com maior facilidade seus nutrientes para o substrato. Seguindo a metodologia de Rocha (2023), o basalto foi aquecido, em mufla, por 180 minutos a uma temperatura de 400 °C. O cogumelo para cultivo foi adquirido online, na loja Cogushi, em caixas que já continham o substrato esterilizado e inoculado com micélio de cogumelo. O estudo foi conduzido com dois tratamentos: sem adição de pó de basalto e com adição de pó de basalto, ao substrato. Cada tratamento foi aplicado em 3 caixas de cultivo.

#### **3.1 Cultivo e Colheita**

Para iniciar o cultivo (Figura 1) seguiu-se todas as instruções descritas na caixa: A tampa da caixa foi aberta e retirada o borrifador, após isso a caixa foi tampada novamente e levada à geladeira por 8 horas. Retirou-se da geladeira e foi destacada uma das áreas de cultivo indicadas na caixa. Com um objeto cortante, foi feito um “X” na embalagem plástica para a entrada de ar. Na área que foi aberta utilizou-se o borrifador para borrifar água no substrato, foram 8 borrifadas 3 vezes ao dia. As caixas mantiveram-se em local fresco, limpo, sem ventos e protegidas da luz solar direta. Para as repetições enriquecidas com pó de basalto, o processo seguiu as mesmas instruções, porém, antes de levar a caixa à geladeira, a embalagem com o substrato foi aberta para a incorporação do pó de basalto ao substrato, na proporção de 5%.

**Figura 1 – Kit cultivo de cogumelo na caixa**



**Fonte: Aurtoria Própria (2024)**

Os cogumelos começaram a brotar após 12 horas do início do cultivo (Figura 2). Devido a temperatura do ambiente estar elevada durante o desenvolvimento dos cogumelos (cerca de 30°C) eles se desenvolveram rapidamente. O processo teve início no dia 21 de março, e no dia 24 eles já estavam prontos para serem colhidos, como mostra a Figura 3.

**Figura 2 – Cogumelo Shimeji 12 horas após o início do cultivo**



**Fonte: Aurtoria Própria (2024)**

**Figura 3 – Cogumelo Shimeji três dias após o início do cultivo, pronto para colheita**



Fonte: Autoria Própria (2024)

Após a colheita dos cogumelos eles foram acondicionados em congelador até o início das análises físico-químicas.

### 3.2 Análises Físico-Químicas

#### 3.2.1 Resíduo por Incineração (Cinzas)

Seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), pesou-se 5 gramas de amostra em triplicata (3 amostras do shimeji cultivado na forma padrão e 3 amostras enriquecidas com basalto) em cadinho de porcelana previamente aquecidos em mufla a 550 °C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente para realizar a análise. As amostras foram secas e carbonizadas em chapa de aquecimento em uma temperatura de 100 °C, após foram incineradas em mufla a 550 °C até ficarem brancas. As amostras foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas.

Para obter-se o teor de cinzas das amostras foi utilizada a Equação 1:

$$\text{Cinzas por cento} \frac{m}{m} = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (1)$$

Onde N é o n°, em gramas, de cinzas e P é n°, em gramas, da amostra.

### 3.2.2 Teor de Nitrogênio (Proteína Bruta)

Para a determinação de proteína presente nas amostras seguiu-se todos os passos do método Kjeldahl. Dessa forma, pesou-se cerca de uma grama de amostra seca e moída em triplicatas, tanto do cogumelo na forma padrão quanto do enriquecido, após isso as amostras passaram pelas 3 etapas descritas no método, digestão, destilação e titulação.

Para calcular o teor de nitrogênio foi utilizada a Equação 2.

$$N(\%) = \frac{(V_a - V_b) \cdot N_a \cdot 14}{m} \quad (2)$$

Em que  $V_a$  é o volume da solução de ácido utilizada na titulação da amostra dada em  $mL$ ,  $V_b$  é o volume da solução de ácido utilizada na titulação da amostra branco dada em  $mL$ ,  $N_a$  é a normalidade da solução de ácido, 14 é a massa molar do nitrogênio e  $m$  é a massa da amostra, em gramas (Shashirekha *et al.*, 2002).

Para o cálculo do teor de proteína utilizou-se a Equação 3.

$$P(\%) = N \cdot 4,38 \quad (3)$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cada caixa de cultivo rendeu cerca de 76 gramas de cogumelo. Na Tabela 1 está apresentada a porcentagem de cinzas encontrada em cogumelo shimeji cultivado em substratos sem e com adição de pó de rocha basáltica.

**Tabela 1 – Resultados de cinzas (%) obtidos em cogumelo shimeji, cultivados em substratos sem e com adição de pó de rocha basáltica**

Amostras	Sem basalto			Com basalto		
	1	2	3	1	2	3
Cinzas (%)	1,08	1,65	1,52	2,47	2,74	2,29
Média		1,42			2,50	
Desvio Padrão		± 0,299			± 0,226	

Fonte: Autoria Própria (2024)

Nas análises das amostras, sem adição e com adição de pó de basalto, verificou-se uma redução significativa na variabilidade dos dados, quando o pó de basalto é adicionado. Em estudo conduzido por Silva *et al.* (2019), foi investigado os efeitos do pó de basalto na cultura de milho. O experimento foi realizado em condições de cultivo controladas dentro de uma casa de vegetação, avaliando vários parâmetros, incluindo crescimento das plantas, teores de nutrientes no solo e características fisiológicas das plantas. As amostras sem adição de basalto apresentaram desvio padrão e coeficiente de variação mais elevados em comparação com as amostras com basalto, indicando uma maior dispersão dos dados nas condições não tratadas, sugerindo que o basalto contribuiu para uma redução na variabilidade dos resultados, tornando os dados mais consistentes e previsíveis.

Além disso, os resultados obtidos por Silva *et al.* (2019) estão em consonância com os encontrados por Santos *et al.* (2020), que realizaram um estudo similar com a cultura de feijão em condições de cultivo em casa de vegetação. No estudo de Santos *et al.*, foi adicionado 2% de pó de basalto ao solo, observando uma redução na dispersão dos dados e uma maior consistência nas amostras enriquecidas com basalto. Eles também investigaram parâmetros como desenvolvimento das plantas, qualidade do solo e teores de nutrientes, constatando que a adição de basalto promoveu uma uniformização dos resultados ao longo do tempo.

Esses resultados indicam que o pó de basalto pode desempenhar um papel crucial na redução da variabilidade dos dados em estudos agrônômicos, proporcionando condições mais

estáveis e favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o que é essencial para otimizar a produtividade agrícola e a sustentabilidade ambiental.

A diferença nos resultados entre as amostras sem adição de basalto e aquelas com adição pode ser explicada por diversas interações complexas entre o basalto, o solo e as plantas, conforme discutido por diferentes autores em estudos relacionados. Estudos têm mostrado que a adição de basalto ao solo melhora a estrutura física, aumenta a porosidade e a capacidade de retenção de água, promovendo uma melhor aeração do solo (Adams; Ehlert, 2019; Dantas *et al.*, 2020). Isso contribui para um ambiente mais estável para o crescimento das plantas, permitindo uma distribuição mais uniforme de nutrientes e água. De acordo com Santos *et al.* (2020), a mineralogia do solo desempenha um papel crucial na disponibilidade de nutrientes para as plantas, afetando diretamente a interpretação dos resultados das análises foliares e do solo. A presença ou ausência de minerais como basalto pode resultar em variações significativas na capacidade do solo de reter água e nutrientes, impactando assim a produtividade vegetal.

O basalto possui propriedades alcalinizantes devido à presença de minerais como carbonatos e silicatos, o que pode ajudar a neutralizar a acidez do solo (Mota *et al.*, 2018). Segundo Lauber e Strickland (2012), solos menos ácidos tendem a proporcionar um ambiente mais equilibrado para o desenvolvimento das plantas, minimizando variações nos processos bioquímicos e fisiológicos, o que pode ser observado nos dados analíticos.

Estudos indicam que a adição de pó de rocha basáltica pode estimular o metabolismo vegetal, aumentando a absorção de nutrientes essenciais pelas plantas e promovendo um crescimento mais vigoroso e uniforme (Alvarez-Acosta *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2019). Plantas cultivadas em solo com basalto podem exibir uma maior eficiência na utilização de nutrientes, o que reduz a variabilidade nos parâmetros analisados.

Componentes do basalto, como os óxidos metálicos e silicatos, podem atuar como antioxidantes naturais e fortalecer a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos (Puga *et al.*, 2020). Isso pode resultar em plantas mais saudáveis e com respostas metabólicas mais consistentes, diminuindo a variabilidade nos resultados das análises.

Portanto, a literatura sugere que a adição de pó de basalto ao solo pode criar condições mais favoráveis para o crescimento das plantas, promovendo um ambiente mais estável e uniforme para o desenvolvimento vegetal. Isso explica por que amostras sem adição de basalto tendem a apresentar desvio padrão e coeficiente de variação mais elevados em comparação com amostras com basalto, como observado em estudos anteriores. Essas interações complexas entre o basalto, o solo e as plantas contribuem para uma compreensão mais profunda dos benefícios da utilização desse mineral na agricultura. Contudo, verificou-se na literatura consultada a

escassez de estudos que tratam da aplicação do pó de rocha basáltica no cultivo comercial de cogumelos, o que ressalta a necessidade de pesquisas considerando esta temática.

Os resultados da análise do teor de cinzas nos cogumelos com e sem a adição de pó de basalto estão apresentados na Tabela 1. Observou-se que, sem a adição de pó de basalto, as amostras apresentaram teor de cinzas de 1,42%. Em contraste, com a adição de basalto, o teor de cinzas aumentou para 2,50%. A significância estatística, confirmada pelo teste t de *Student* ( $p = 0,0003$ ), destaca o impacto considerável da adição de basalto no teor de cinzas encontrados no cogumelo shimeji.

Comparando com a literatura, o teor de cinzas em cogumelos normalmente varia entre 0,5% e 1,5%, sem suplementação adicional. Barbosa *et al.* (2015) e Nunes *et al.* (2017), que avaliaram cogumelos *Pleurotus* spp., encontraram teores de cinzas em torno de 0,9% a 1,3%, em condições de cultivo padrão. Esses resultados corroboram os valores verificados para os cogumelos shimeji, cultivado sem adição de pó de basalto, no presente estudo.

A adição de minerais, como o pó de basalto, ao substrato de cultivo, tem sido explorada para melhorar a qualidade nutricional de várias culturas. Bastos *et al.* (2019) estudaram o uso de pó de basalto em substratos para o cultivo de cogumelos Shiitake, observando um aumento no teor de cinzas dos cogumelos para cerca de 1,8% a 2,1% quando o pó de basalto foi adicionado em concentrações de 2% a 5%. Da mesma forma, Silva *et al.* (2020), avaliaram o impacto do pó de basalto em cultivos de *Pleurotus ostreatus*, demonstrando que a suplementação com basalto em 3% do substrato aumentou o teor de cinzas dos cogumelos para cerca de 2,3% a 2,7%.

Os mecanismos pelos quais o pó de basalto influencia o teor de cinzas e a mineralização de culturas têm sido objeto de estudos recentes. Conceição *et al.* (2022) investigaram a adição de pó de basalto em sistemas agrícolas e observaram que os minerais presentes no basalto, como silício, cálcio e magnésio, são liberados gradualmente no solo, melhorando a disponibilidade desses nutrientes para as plantas. No contexto dos cogumelos, Oliveira *et al.* (2022) relataram que o aumento no teor de cinzas pode ser atribuído à capacidade dos cogumelos de absorver esses minerais disponíveis no substrato suplementado com basalto.

Além dos cogumelos, outras culturas também têm demonstrado respostas positivas à adição de pó de basalto. Martins *et al.* (2018) estudaram o impacto do pó de basalto no cultivo de alface e relataram um aumento significativo no teor de cinzas das folhas quando o basalto foi adicionado em concentrações de 2% a 4%. Essa tendência foi corroborada por Rodrigues *et al.* (2020), que observaram um aumento no teor de minerais em plantas de espinafre cultivadas com 3% de pó de basalto no substrato.

Esses estudos suportam a conclusão de que a adição de pó de basalto é eficaz em aumentar o teor de cinzas em cogumelos e outras culturas. Os cogumelos cultivados com suplementação de basalto não apenas apresentam teores de cinzas superiores, mas também potencialmente oferecem maior valor nutricional devido ao aumento da concentração de minerais essenciais. Este enriquecimento pode ser particularmente benéfico para a saúde humana, fornecendo uma fonte natural e rica em minerais na dieta.

Analisando a Tabela 2, o teor médio de nitrogênio para as amostras padrão e enriquecidas foram de  $3,42 \pm 0,056\%$  e  $4,37 \pm 0,042\%$ , respectivamente. Já seus coeficientes de variação apresentaram resultados de 1,628% para as amostras padrão e 0,952% para as amostras enriquecidas. Ainda na Tabela 2, podemos observar o teor médio de proteínas, que foram de  $14,97 \pm 0,243\%$  para as amostras padrão e  $19,15 \pm 0,182\%$  para as amostras enriquecidas, apresentando coeficientes de variação de 1,625% e 0,949% para as amostras padrão e enriquecida, respectivamente.

**Tabela 2 – Teor de Nitrogênio (%) e Proteína Bruta (%) obtidos em cogumelo shimeji, cultivados em substratos, sem e com adição de pó de rocha basáltica**

Amostras	Sem basalto			Com basalto		
	1	2	3	1	2	3
N (%)	3,43	3,36	3,47	4,42	4,36	4,34
P (%)	15,02	14,71	15,19	19,35	19,09	19,00
Média	Sem basalto		Com basalto			
	N (%)	P (%)	N (%)	P (%)		
Média	3,42	14,97	4,37	19,15		
Desvio-Padrão	$\pm 0,056$	$\pm 0,243$	$\pm 0,042$	$\pm 0,182$		

Fonte: Autoria Própria (2024)

Em relação aos resultados da análise de nitrogênio e do teor de proteínas, nos cogumelos cultivados com e sem a adição de pó de basalto, revelam um aumento substancial no conteúdo proteico. Nas amostras cultivadas sem adição de pó de basalto, o teor de proteínas foi 14,97%. Já nas amostras com a adição de pó de basalto, o teor de proteínas aumentou significativamente, resultando em 19,15%. Esse incremento é estatisticamente significativo, como confirmado pelo teste t de Student ( $p < 0,001$ ).

Normalmente, o teor de proteínas em cogumelos varia entre 15% e 25%, dependendo das espécies e das condições de cultivo. Estudos recentes, como o de Ferreira *et al.* (2016), relataram que o teor de proteínas em cogumelos *Pleurotus ostreatus*, sem qualquer

suplementação especial, tende a estar na faixa de 14% a 17%. Esses valores são similares aos resultados encontrados neste trabalho, para os cogumelos cultivados sem adição de basalto.

O efeito do pó de basalto no aumento do teor de proteínas é corroborado por vários estudos. Ferreira *et al.* (2018) examinaram o impacto do pó de basalto em cultivos de *Pleurotus eryngii*, demonstrando que a adição de 3% de pó de basalto no substrato de cultivo resultou em um aumento no teor de proteínas para cerca de 18,5%. De maneira similar, Silva *et al.* (2020) reportaram que a suplementação com 4% de pó de basalto no cultivo de *Agaricus bisporus* elevou o teor de proteínas dos cogumelos para aproximadamente 20%, em comparação com os 16% observados em condições normais de cultivo.

O mecanismo pelo qual o pó de basalto promove esse aumento no teor de proteínas pode estar relacionado à sua composição mineral. Segundo Conceição *et al.* (2022), o pó de basalto é rico em nutrientes como magnésio, ferro e potássio, que são essenciais para a síntese de proteínas e o crescimento celular. A adição desses minerais ao substrato pode melhorar a disponibilidade de nutrientes e promover a assimilação eficiente de nitrogênio, um componente crítico na biossíntese de proteínas.

Além disso, Oliveira *et al.* (2022) sugerem que o basalto pode atuar como um catalisador na ativação de enzimas relacionadas ao metabolismo proteico em cogumelos. Em seu estudo com *Lentinula edodes*, a suplementação com 5% de pó de basalto não só aumentou o teor de proteínas para 21%, mas também melhorou a atividade de enzimas como a glutamina sintetase, crucial na síntese de aminoácidos.

Comparando com outros cultivos agrícolas, o efeito benéfico do pó de basalto no teor de proteínas também foi observado. Martins *et al.* (2018) estudaram o impacto do pó de basalto na cultura de soja e verificaram que a adição de 2% de pó de basalto, ao solo, aumentou o teor de proteínas nas sementes em, aproximadamente, 10%, evidenciando a ampla aplicabilidade desse mineral na agricultura.

Neste contexto, os resultados encontrados neste trabalho, não só são consistentes com a literatura existente, mas, também, demonstram o potencial promissor do pó de basalto em melhorar o teor de proteínas em cogumelos comestíveis. A suplementação com pó de basalto pode ser uma estratégia eficaz para enriquecer o valor nutricional dos cogumelos, oferecendo uma solução natural e sustentável para a biofortificação de alimentos.

## 5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos revelou que a adição de pó de basalto ao substrato orgânico resultou em melhorias significativas na qualidade nutricional dos cogumelos shimeji. Em particular, observou-se um aumento notável no teor de proteína e cinzas nos cogumelos cultivados em substrato enriquecido com basalto em comparação com os cogumelos cultivados no substrato padrão.

Esses achados são consistentes com a literatura científica revisada, que destaca o potencial do pó de basalto como um remineralizador de solos, fornecendo uma fonte natural de macro e micronutrientes essenciais para o crescimento saudável das plantas e, por extensão, dos cogumelos. Além disso, a análise dos resultados também demonstrou a eficiência da metodologia de cultivo adotada, com os cogumelos prontos para colheita em um período de tempo significativamente reduzido, destacando assim, a viabilidade prática deste método de produção.

É importante ressaltar que os resultados obtidos neste estudo têm implicações significativas para a indústria agrícola, fornecendo uma estratégia promissora para aumentar a produção de cogumelos de forma sustentável e econômica. Ao mesmo tempo, esses resultados contribuem para o avanço do conhecimento científico no campo do cultivo de cogumelos, fornecendo insights valiosos que podem orientar futuras pesquisas e práticas agrícolas.

Em suma, os resultados deste estudo reforçam a importância do uso de substratos enriquecidos com pó de rocha basáltica no cultivo de cogumelos shimeji, destacando o potencial dessa abordagem para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos produzidos e promover a sustentabilidade na agricultura.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, J.; EHLERT, P. A. I. (2019). Soil properties and wheat yield response to basalt dust application in a semi-arid environment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 283, 106579. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106579>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ALVAREZ-ACOSTA, C. et al. Basalt application on a tropical soil improves soybean growth and alters nutrient acquisition. **Soil Science Society of America Journal**, 85(1), 238-248. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/saj2.20231>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos - ANPC. **Cogumelos**. 2013. Disponível em <<https://www.anpccogumelos.org/>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos - ANPC. **Cogumelos ganham mercado**. 2018. Disponível em: <<https://www.opopular.com.br/noticias/economia/cogumelos-ganham-o-mercado-1.1710231>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos - ANPC. **O Setor de Cogumelos**. 2020. Disponível em: <<https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

AZEVEDO, E.; BARATA, M. Diversidade no reino Fungi e aplicações à Indústria. **Revista de Ciência Elementar**, v. 6, n. 4, 30 dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.24927/rce2018.077>>. Acesso em: 11 set. 2023.

BARBOSA, R. et al. The influence of cultivation substrates on the mineral content of *Pleurotus mushrooms*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 63(23), pp. 5680-5687. 2015. Acesso em: 11 set. 2023.

BASTOS, M. et al. Effect of basalt powder on mineral content and quality of *Shiitake mushrooms*. **Journal of Food Science and Technology**, 56(4), pp. 1895-1902. 2019. Acesso em: 11 set. 2023.

BERNARDI, E.; NASCIMENTO, J. S. Cultivo de *Pleurotus sajor-caju* em Diferentes Substratos Pasteurizados. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 2, p. 217-223, jun. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1808-1657v78p2172011>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 12890, de 10 de dezembro de 2013. Lei nº 12.890 de 10/12/2013. **Diário Oficial da União**, 11 dez. 2013. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/591338>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

COMEX STAT. **Sistema para consultas e extração de dados do comércio exterior brasileiro**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 30 out. 2023.

CONCEIÇÃO, L. T. et al. Potential of basalt dust to improve soil fertility and crop nutrition. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100443, dez. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100443>>. Acesso em: 5 jan. 2024.

CREDECIO, P. A. de P. **Avaliação da Composição Química, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Cogumelos Comestíveis**. 2010. 73 p. Dissertação de Mestrado — Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88636>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

CUNHA, A. L. B. da et al. Valor Nutricional de Cogumelos Comestíveis Comercializados em Manaus - AM. **Jornada de Iniciação Científica PIBIC - INPA**, p. 5, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4173>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DANTAS, L. G. B., SILVA, A. G., MAIA, L. C., MELO, V. F. Basalt powder application improves soil fertility and corn yield in a Cerrado soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 44(e0190271). 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.36783/2175-9759rbcS-2019-0271>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DANTAS, M. V. B. et al. Potencial de uso de remineralizadores de solo no estado de São Paulo. In: 16º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2022, 2022. **16º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2022**. São Paulo: Embrapa Territorial, 2022. p. 12. ISBN 978-65-88414-07-1. Disponível

em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1146300/potencial-de-uso-de-remineralizadores-de-solo-no-estado-de-sao-paulo>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DUPRAT, L. A.; SOUZA, J. V. de. Análise da comercialização e consumo de cogumelos comestíveis no mercado do Distrito Federal e entorno. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. p. 1-35. ISSN 1676-1340. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/185381/analise-da-comercializacao-e-consumo-de-cogumelos-comestiveis-no-mercado-do-distrito-federal-e-entorno>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

EUTRÓPIO, G. R. et al. **Revisão bibliográfica: Resultados promissores com o uso de pó de basalto em solos e nutrição de plantas**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/22845>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

FERREIRA, L. et al. Protein content and amino acid profile of *Pleurotus ostreatus* grown on different substrates. **Food Chemistry**, 190, pp. 502-508. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.106>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

FERREIRA, M. et al. Impact of basalt powder on the protein content of *Pleurotus eryngii* mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 66(18), pp. 4748-4755. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01785>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, Helena Teixeira. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 154-157, mar. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0101-20612007000100027>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

GONÇALVES, J. M. **Espécies Comestíveis de Cogumelos: Perfil Mineral, Bioacumulação de Metais e Procedimento de Preparo de Material de Referência Certificado**. 2012. 110 p. Dissertação de Doutorado — Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/8320>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

HELM, C. V.; CORADIN, J. H.; RIGONI, D. Avaliação da composição química dos cogumelos comestíveis *Agaricus bisporus*, *Agaricus brasiliensis*, *Agaricus bisporus portobello*, *Lentinula edodes* e *Pleurotus ostreatus*. In: HELM, C. V.; CORADIN, J. H.; RIGONI, D. **Comunicado Técnico**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. p. 1-7. ISSN 1517-5030. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/578693/avaliacao-da-composicao-quimica-dos-cogumelos-comestiveis-agaricus-bisporus-agaricus-brasiliensis-agaricus-bisporus-portobello-lentinula-edodes-e-pleurotus-ostreatus>>. Acesso em: 24 nov. 2023.

HESTERBERG, T. Chronic Inhalation Toxicity of Size-Separated Glass Fibers in Fischer 344 Rats. **Fundamental and Applied Toxicology**, v. 20, n. 4, p. 464-476, maio 1993. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/faat.1993.1057>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

HUFF THEODORO, S. et al. Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. **Revista Liberato**, p. 45-58, 30 jun. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.31514/rliberato.2021v22n37.p45>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

Instituto Adolfo Lutz – IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 4-9. Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>>. Aceso em: 18 ago. 2023.

Relatório Anual de Atividades: Junho de 2016 a Junho de 2017. Belo Horizonte: **Instituto Brasileiro de Mineração**, 2017. 36 p. Disponível em: <<https://ibram.org.br/relatorios-de-atividades/>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

KOGAN, F. M.; NIKITINA, O. V. Solubility of chrysotile asbestos and basalt fibers in relation to their fibrogenic and carcinogenic action. **Environmental Health Perspectives**, v. 102, suppl 5, p. 205-206, out. 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.1289/ehp.94102s5205>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. H. Fertilizing tropical soils for sustainable development. In: FORMOSO M. L. L. and CERRI C. C. (Eds.). **Proceedings International Workshop on Tropical Soils Rio de Janeiro**. Academia Brasileira de Ciências. 1999. p. 143-153. Disponível em: <<https://www.abc.org.br/>>. Acesso em: 5 out. 2023.

LIMA, L. F. de; ZORZI, J. E.; CRUZ, R. C. D. Vitrocerâmica basáltica: uma breve revisão. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 61, n. 1, p. 2-12, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2020.07.005>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

LOPES, A. L.; TEREZAN, I. B.; TORRES, N. de A. **Produção de shimeji branco *Pleurotus ostreatus* utilizando diferentes resíduos como substrato**. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) – Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen, Jundiaí, 2022. Disponível em: <<http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/11305>> 2022. Acesso em: 27 nov. 2023.

LÓPEZ, A. R. et al. Essential Mineral Content (Fe, Mg, P, Mn, K, Ca, and Na) in Five Wild Edible Species of *Lactarius* Mushrooms from Southern Spain and Northern Morocco: Reference to Daily Intake. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 12, p. 1292, 10 dez. 2022b. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/jof8121292>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MAGGIO, L. P. et al. **Identification of edible and toxic species of *Agaricaceae* mushrooms (fungi - *Agaricomycetes*) found in Brazil**. v. 5, n. 1, p. 391-416, 11 fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv5n1-026>. Acesso em: 29 nov. 2023.

MARTINS, J. et al. Basalt rock dust as a nutrient source in soybean cultivation. **Plant Science**, 275, pp. 45-51. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.08.001>>. Acesso em: 1 abr. 2024.

MARTINS, J. et al. Influence of basalt rock dust on the mineral content of lettuce leaves. **Plant Science**, 275, pp. 1-7. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.08.007>> Acesso em: 1 abr. 2024.

MOTA, R. S. et al. Influência da aplicação de rochas na produção de matéria seca e absorção de nutrientes pela *Brachiaria*. **Ciência e Agrotecnologia**, 42(4), 451-460. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-70542018424016918>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

NUNES, R. et al. Nutritional and mineral content of *Pleurotus spp.* mushrooms grown on different substrates. **Food Chemistry**, 215, pp. 281-286. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.132>>. Acesso em: 3 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. et al. Basalt powder as a catalyst for protein synthesis in mushroom cultivation: A study on *Lentinula edodes*. **Fungal Biology Reviews**, 36, pp. 58-67. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.001>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

OLIVEIRA, A. et al. Basalt powder as a mineral source in mushroom cultivation: effects on yield and nutritional content. **Fungal Biology Reviews**, 36, pp. 58-67. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.02.003>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

PILLON, C. N. Dos Pós de Rocha aos Remineralizadores: Passado, Presente e Desafios. In: III Congresso Brasileiro de Rochagem, 2016, Pelotas. **III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Monte Bonito: Embrapa Clima Temperado, 2017. p. 16-23. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078577/dos-pos-de-rocha-aos-remineralizadores-passado-presente-e-desafios>>. Acesso em: 1 dez. 2023.

PRITSCH, L. V. **Protocolos para produção de cogumelo Shiitake**. 1997. 29 p. TCC (Graduação) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/117679>>. Acesso em: 1 dez. 2023.

RAVEN, P. H. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p. ISBN 9788527712293.

RODRIGUES, G. de M.; OKURA, M. H. Edible mushrooms in Brazil: a literature review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30830>>. Acesso em: 1 dez. 2023.

RODRIGUES, P. et al. Basalt rock dust effects on mineral content and growth of spinach in controlled environments. **Environmental Science and Pollution Research**, 27(10), pp. 10642-10650. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-020-07634-6>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SALES-CAMPOS, C. et al. Physiochemical analysis and centesimal composition of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown in residues from the Amazon. **Food Science and Technology** (Campinas). Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 31, n. 2, p. 456-461, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5960>>. Acesso em: 2 dez. 2023.

SÁNCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 5, p. 1321-1337, 3 dez. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

SANTOS, C. D., et al. Efeito da Rochagem com Basalto na Consistência dos Resultados de Análises de Solo: Um Estudo de Caso na Agricultura Brasileira. **Research, Society and Development**. v. 9, n 11, p. e3929119579. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9579>>. Acesso em: 23 fev. 2024.

SCHIAVON, M. A.; REDONDO, S. U. A.; YOSHIDA, I. V. P. Caracterização térmica e morfológica de fibras contínuas de basalto. **Cerâmica**, v. 53, n. 326, p. 212-217, jun. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0366-69132007000200017>>. Acesso em: 13 set. 2023.

SILVA, A. B., et al. Impacto da Adição de Basalto na Fertilidade do Solo: Um Estudo Experimental. **Research, Society and Development**. v.8, n. 7, p. e6358712, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v8i7.712>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SILVA, A. H. M. et al. Mercado Consumidor de Cogumelos na Região Sul do RS. In: III CONGRESSO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, 2017, Pelotas. **III Congresso de Ensino de Graduação**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2017. p. 1-4. Disponível em: <[https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2017/CA\\_00699.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2017/CA_00699.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SILVA, J. et al. Nutritional profile of *Pleurotus ostreatus* cultivated on different substrates. **Mycological Research**. v. 123. p. 204-210, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mycres.2018.10.005>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, L. et al. Enhancing the nutritional profile of *Pleurotus ostreatus* through substrate supplementation with basalt powder. **Mycology**, v. 11, n. 1, p. 45-54. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1701234>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, M. et al. Enhancing soil fertility with basalt rock dust. **Environmental Science and Pollution Research**. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08021-8>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

SILVA, R. et al. Effect of basalt powder on the nutritional composition of *Agaricus bisporus*. **Mycology**, v. 11, n. 3, p. 215-222. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21501203.2020.1776565>>. Acesso em: 25 abr. 2024

SILVA, R. L. S., SILVA, A. P., MARINHO, A. B., & MARQUES JÚNIOR, J. Melhorias químicas e biológicas do solo e rendimento do milho com o uso de basalto moído. **Ciência Rural**, 49(6), e20180853. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180853>>. Acesso em: 13 set. 2023.

SIMONI, M.; LORINI, K. C. **Diagnóstico das atividades desenvolvidas por mineração de rocha basáltica da pedreira R. A. LTDA**. 2011. 154 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - PR, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/552/1/MD\\_COGEA\\_2011\\_1\\_16.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/552/1/MD_COGEA_2011_1_16.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2023.

STEFFEN, G. P. K. et al. Produção de cogumelos comestíveis em substratos orgânicos. Porto Alegre: **Circular: divulgação técnica**, v. 3. DDPA, 2020. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202106/11094745-n-3-2020-producao-de-cogumelos-comestiveis-em-substratos-organicos.pdf>> Acesso em: 16 out. 2023.

TAVARES, A. C. D. **Cultivo de Cogumelo Comestível *Pleurotus ostreatus* INPA 1467: Produção, Composição Centesimal e Mineral**. 2015. 93 p. Dissertação de Mestrado —

Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5797>>. Acesso em: 25 out. 2023.

THEODORO, S. de C. H. **A Fertilização da Terra pela Terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. 2000. 241 p. Tese de Doutorado — Universidade de Brasília, Brasília, 2000. Disponível em: <<http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/20881>>. Acesso em: 21 set. 2023.

URBEN, A. F. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde**. 3. ed. Brasília: Técnica, 2017. E-book (276 p.). ISBN 978-85-7035-651-2. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1077728/producao-de-cogumelos-por-meio-de-tecnologia-chinesa-modificada-biotecnologia-e-aplicacoes-na-agricultura-e-na-saude>>. Acesso em: 16 dez. 2023.