

# A CIÊNCIA DOS COGUMELOS

# THE SCIENCE OF MUSHROOMS

Por/By: Guilherme Profeta

Foto/Photo: Shutterstock

Em ambiente natural, como nas florestas, os cogumelos crescem em substratos úmidos, em que haja matéria orgânica disponível para absorção

In natural environments, such as in the woods, mushrooms grow on moist substrates, where organic matter is available for absorption

*O texto a seguir é uma publicação da revista bilingue Uniso Ciência, da Universidade de Sorocaba, para fins de divulgação científica.*

*The following story is part of the bilingual magazine Science @ Uniso, published by the University of Sorocaba, for the purpose of scientific outreach.*

*Acesse aqui a edição completa/  
Follow the link to access  
the full magazine:*



Crescendo furtivamente nas reentrâncias úmidas e escuras das florestas, eles já foram associados a fadas e a outras criaturas do folclore europeu. Ao longo das eras, devido às propriedades alucinógenas de algumas espécies, já foram utilizados em rituais religiosos ou como drogas recreativas. Em muitos países, especialmente na Ásia, são considerados iguarias culinárias — na China, por exemplo, as pessoas chegam a ingerir 10 kg deles todos os anos. Indubitavelmente, há muitos usos diferentes para os cogumelos. E nos laboratórios científicos, o que é que dá para fazer com eles? Muita coisa.

Os cogumelos são um tipo específico de **FUNGO**, o mesmo reino em que estão os bolores e as leveduras. “Técnicamente, o cogumelo (também chamado de basidioma) é um corpo de frutificação onde são produzidos os esporos, as estruturas utilizadas para a reprodução desses fungos. É interessante lembrar que os cogumelos, bem como os talos, são apenas as partes visíveis desses organismos, mas que eles também são formados por uma rede de hifas, que são como finas raízes que se espalham pelo substrato e formam o que chamamos de micélio. Essa estrutura é responsável pela absorção de nutrientes e pela transferência desses nutrientes para o corpo de frutificação. Em alguns casos, essas redes de hifas podem se estender por quilômetros de distância”, explica o professor doutor Nobel Penteadó de Freitas, coordenador dos cursos de graduação em Ciências Biológicas e Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade de Sorocaba (Uniso), além do Núcleo de Estudos Ambientais da Universidade.

Desde 2013 há na Uniso uma linha de pesquisa dedicada exclusivamente às aplicações científicas dos cogumelos, especialmente do shiitake (*Lentinula edodes*, a segunda espécie mais consumida no mundo), com dois projetos financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Hoje, essa linha se divide em três conjuntos de estudos, cada um voltado a uma área diferente do conhecimento, compreendendo pesquisas sobre: a ingestão do shiitake com objetivos funcionais em seres humanos, o uso do substrato do cultivo

Emerging furtively from dark and moist fissures on the forest ground, they have been associated with fairies and other creatures of the European folklore. Throughout the ages, due to the hallucinogenic properties of some species, they have been used as part of religious rituals or as recreational drugs. In many countries, especially in Asia, they are considered culinary delicacies—in China, for example, people ingest 10kg (around 22 pounds) of them every year. Undoubtedly, there are many different uses for mushrooms. So, when it comes to science labs, is there anything one can do with them? A lot of things, actually.

Mushrooms are a specific type of **FUNGUS**, a form of life which is grouped in the same kingdom of molds and yeasts. “Technically, the mushroom is a fruiting body that produces spores, the name of the structures fungi use in order to reproduce. It is noteworthy that mushrooms, as well as stems, comprehend the visible parts of these organisms above ground, but that they are also formed by a network of threadlike hyphae, which are like thin roots that spread through the substrate and form what we call mycelium. This structure is responsible for the absorption of nutrients, and also for transferring these nutrients to the fruiting body. In some cases, these networks can extend for miles,” explains professor Nobel Penteadó de Freitas, who coordinates Uniso’s Center for Environmental Studies, as well as the university’s undergraduate programs in Biological Sciences, and Technology in Environmental Management.

Since 2013, Uniso has a specific line of research dedicated exclusively to the scientific applications of mushrooms, especially shiitake (*Lentinula edodes*, the second most consumed species in the world), with two projects funded by the São Paulo Research Foundation (Fapesp, in the Portuguese acronym). This line is currently divided into three different groups of studies, each aimed at a different field of knowledge, comprising research on: the human ingestion of shiitake for functional purposes, the use of mushroom substrate in

## PARA SABER MAIS: O REINO DOS FUNGOS

Até pouco tempo atrás, na taxonomia dos seres vivos, os fungos eram classificados no mesmo reino das plantas, mas Freitas ressalta que, hoje, considera-se mais provável que fungos, plantas e animais tenham tido origens separadas, a partir de grupos diferentes de organismos originados das algas unicelulares. Contemporaneamente os fungos são classificados num reino específico, o Reino Fungi, o que se justifica, pois esses organismos têm características próprias, como seu modo de nutrição heterotrófica absorptiva, o que significa dizer que eles absorvem os nutrientes por meio da digestão dos tecidos de outros seres, vivos ou mortos. Pode haver uma confusão em relação à questão nutricional dos fungos e das plantas. As plantas absorvem água e minerais do solo, que são imprescindíveis para sua sobrevivência, mas seu alimento é sintetizado diretamente por elas pelo processo de fotossíntese. Os fungos não fazem fotossíntese; tanto os nutrientes minerais como o material energético (o alimento) são obtidos por absorção. Na verdade, os fungos têm mais características em comum com os animais do que com as plantas”, ele diz, contrariando o senso comum. Inclusive, algumas dessas características — como a presença de quitina nas paredes celulares, uma característica que é compartilhada com os artrópodes (como os insetos) — são muito importantes para a pesquisa que se desenvolve na Uniso.

## TO KNOW BETTER: THE KINGDOM OF FUNGI

Until recently, in the taxonomy of living beings, fungi were classified in the same kingdom as plants, but Freitas points out that, nowadays, it is considered more likely that fungi, plants, and animals had separate origins, from different groups of organisms that originated from unicellular algae. “Nowadays, fungi are classified in a specific kingdom, the Fungi Kingdom, which is justified by the fact that these organisms have their own characteristics, such as the absorptive heterotrophic nutrition, which means that they absorb nutrients through the digestion of tissues of other beings, living or dead. In fact, there may be some confusion regarding the nutrition of fungi and plants. Plants absorb water and minerals from the soil, which are essential for their survival, but their food is synthesized directly by them through the process of photosynthesis. Fungi do not photosynthesize; both mineral nutrients and energetic material (namely food) are obtained by absorption. Actually, contrary to common sense, fungi have more characteristics in common with animals than with plants,” he says. Some of these characteristics fungi share with animals—such as the presence of chitin in their cells, a characteristic that is shared with arthropods (such as insects)—are very important when it comes to the research conducted at Uniso.

de cogumelos em sistemas de biorremediação ambiental e o uso do substrato na construção civil.

### INGESTÃO COM OBJETIVOS FUNCIONAIS

“Em 2013, com a aprovação do primeiro projeto financiado, a ideia original dessa linha de pesquisa era estudar a segurança do consumo de

environmental bioremediation systems, and the use of the substrate in civil construction.

### INGESTION AS FUNCTIONAL FOOD

“In 2013, with the approval of our first funded project, the original idea of this line of research was to study the safety of consuming shiitake,

shiitake, dado o seu apelo como nutracêutico — alimento com propriedades funcionais. É sabido que muitas substâncias e produtos naturais são consumidos sem parcimônia, e que alguns desses podem ser tóxicos se consumidos em excesso, assim o objetivo era assegurar a segurança do seu consumo”, explica a professora doutora Denise Grotto, pesquisadora responsável pelo projeto original, voltado à avaliação dos parâmetros bioquímicos e antioxidantes do shiitake e à possível aplicação em casos de distúrbios metabólicos (projeto 2013/05765-5).

Primeiramente, Grotto e estudantes de Iniciação Científica avaliaram, em estudo pré-clínico, o shiitake como alimento funcional e determinaram a dosagem ideal para o consumo por seres humanos, para que as propriedades nutracêuticas fossem mantidas: 7g de cogumelos secos por dia (ou o equivalente a 1,5 cogumelos frescos), considerando-se um adulto de 70kg.

Depois disso, também em estudo pré-clínico com animais, foi estudado o efeito do shiitake sobre os níveis de colesterol, triglicérides e antioxidantes. Uma reportagem sobre essa pesquisa foi publicada na **EDIÇÃO INAUGURAL** da revista Uniso

given its appeal as functional food. It is known that many substances and natural products are freely and carelessly consumed, and that some of these can be toxic if ingested in excess, so the goal was to ensure the safety of consumption,” explains professor Denise Grotto, the researcher in charge of the original project, whose main goal was to evaluate the biochemical and antioxidant parameters of shiitake, and the possibility of using it to regulate cases of metabolic disorders (project #2013/05765-5).

Firstly, Grotto and a team of undergraduate students conducted preclinical trials, evaluating shiitake as functional food, and determining the ideal dosage for human consumption so that the functional properties could be guaranteed: 7g of dried mushrooms per day (or the equivalent to 1.5 fresh mushrooms), considering an adult weighing 70kg (around 155 pounds).

After that, they studied the effects of shiitake on cholesterol, triglyceride, and antioxidant levels, also through preclinical trials on animal subjects. A story on this research project, based on a Master’s thesis by researcher Sara Rosicler Vieira Spim, advised by Grotto, was published in the **1<sup>ST</sup> ISSUE** of the Science @ Uniso magazine

Ciência (jun./2018), fazendo referência à dissertação de mestrado da pesquisadora Sara Rosicler Vieira Spim, orientada por Grotto. “Tivemos ótimos resultados e partimos, então, para o estudo clínico, em que foram desenvolvidas barrinhas de cereal contendo shiitake na formulação, as quais foram ofertadas a voluntários com colesterol limítrofe num estudo clínico (fase II). Apesar de não ser possível afirmar que uma pessoa com colesterol alto pode ser ‘curada’ por meio do consumo de shiitake, os resultados obtidos foram importantes e promissores”, afirma Grotto. Mais detalhes sobre a pesquisa, desenvolvida por Spim durante seu doutorado, podem ser conferidos na página 68 desta edição.

#### ALTERNATIVAS DE USO PARA O SUBSTRATO

Freitas explica que, na produção dos cogumelos, o substrato é um elemento essencial e isso se dá devido à forma como esses fungos se alimentam, por absorção: “Como fonte principal de alimentação, os cogumelos necessitam de matéria vegetal, já que absorvem principalmente a lignina e a celulose, que são compostos encontrados nas paredes celulares dos vegetais. Além disso, os cogumelos necessitam de outras substâncias, como nitrogênio e minerais. Cada espécie tem suas especificidades de absorção e preferências de substrato, que devem ser levadas em consideração na produção comercial.”

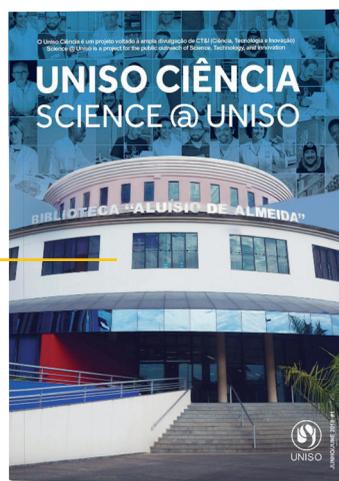
Iwao Akamatsu é proprietário da Yuri Cogumelos, empresa instalada numa fazenda na região de Sorocaba desde 1997, que foi parceira da Uniso na realização de dois simpósios internacionais sobre cogumelos, em 2010 e 2015. Ele conta que, no caso do shiitake, o substrato utilizado é uma mistura de serragem e farelo de cereais, que é prensada para formar um bloco no qual os cogumelos são inoculados. A técnica foi aprendida por ele no Japão. “Cada bloco produzido é desenvolvido por nós durante 30 dias, durante os quais os blocos são totalmente colonizados.

(June/2018). “We had great results, then we carried on to the clinical study (phase II), during which we developed cereal bars containing shiitake, and offered them to volunteers with borderline cholesterol. Although it is not possible to state that a person with high cholesterol can be ‘cured’ only by consuming shiitake, the results were important and very promising,” Grotto says. More details on the research, which Spim continued throughout her Doctorate studies, can be found on page 68 of this issue.

#### ALTERNATIVE WAYS TO USE THE SUBSTRATE

Freitas explains that the substrate is an essential element in the production of mushrooms, and this is due to the way fungi feed, by absorption: “As their main source of food, mushrooms need vegetable matter, since they mainly absorb the lignin and cellulose, which are compounds found in the cells of vegetables. Besides that, mushrooms need other substances, such as nitrogen and minerals. Each species has its specificities and preferences, which must be taken into account by commercial producers.”

Iwao Akamatsu owns a company called Yuri Cogumelos (Yuri Mushrooms, in English), which is based on a farm in the region of Sorocaba since 1997, and has already partnered with Uniso in 2010 and 2015 for two international symposiums on mushrooms. He explains that, regarding shiitake, the substrate used is a mixture of sawdust and grain husk, which is pressed to form a block in which mushrooms are inoculated. He learned the technique in Japan. “Each block is developed for 30 days, and during this time they are fully colonized. Then, they are sold to rural producers, who finish the development process for another 90 days, when production begins. At this point, each block weighs an average of 2.5kg (around 5.5



Depois, eles são vendidos a produtores rurais, que terminam o desenvolvimento por mais 90 dias, quando tem início, então, a produção. Nesse ponto, cada bloco pesa em média 2,5kg — o que equivale a 1kg de bloco seco, já no fim do ciclo. Esses blocos permanecem produtivos por um período de quatro a cinco meses e, depois disso, cada produtor é responsável pelo descarte dos seus blocos”, ele diz.

Muitas vezes, após o uso, os blocos são transformados em compostos orgânicos e utilizados nas próprias propriedades rurais, mas, como não há controle, eles também costumam ser descartados diretamente no ambiente. “Pesquisas voltadas ao reuso desse substrato descartado, como as desenvolvidas na Uniso, se tornarão ainda mais importantes à medida que aumentarmos a quantidade de nossa produção. Assim poderemos dar o melhor destino possível a esses resíduos, ampliando as formas de uso e possivelmente gerando mais valor agregado à nossa atividade”, ressalta Akamatsu. Antes da pandemia de Covid-19, em 2020, a Yuri Cogumelos chegava a produzir 180 mil blocos de substrato todos os meses.

### **BIORREMEDIAÇÃO E CONSTRUÇÃO CIVIL**

Grotto conta que a ideia de pesquisar o uso do shiitake para outros fins além da ingestão como nutracêutico surgiu durante os estudos pré-clínicos envolvendo diferentes concentrações do cogumelo, quando ela ainda estava buscando identificar o risco de toxicidade da ingestão do shiitake. “Um dos efeitos tóxicos encontrados quando usávamos altas doses de shiitake era a diminuição de alguns metais, como o cobre e o ferro, na corrente sanguínea dos animais. Foi daí que veio a ideia: se o shiitake pode ‘capturar’ esses metais dentro do sistema circulatório de um animal, será que conseguiria fazer o mesmo com metais tóxicos e outros poluentes em águas contaminadas?”, ela relembra. Foi então que mais um projeto

pounds)—which is equivalent to 1kg (2.2 pounds) of dry block at the end of the cycle. These blocks remain productive for a period of four to five months and, after that, each producer is responsible for the disposal of their blocks,” he says.

After being used, these blocks are often turned into organic compounds to be used within the rural properties themselves, but, as there is no control whatsoever, they are often discarded directly in the environment as well. “Research projects aiming at finding ways to reuse the discarded substrate, such as the ones developed at Uniso, will become even more important as we increase our production. Therefore, we will be able to give the best possible destination to this waste, possibly generating more value to our activity,” Akamatsu emphasizes. Before the Covid-19 pandemic in 2020, Yuri Cogumelos used to produce up to 180,000 blocks of substrate every month.

### **BIOREMEDIATION AND CIVIL CONSTRUCTION**

Grotto tells she had the idea of researching the use of shiitake for other purposes besides the ingestion as functional food during the preclinical trials involving different concentrations of the mushroom, when she was still trying to identify if there were any risk of getting intoxicated by ingesting shiitake. “One of the toxic effects found when using high doses of shiitake was the decrease in some metals, such as copper and iron, in the animals’ bloodstream. That is where the idea came from: if the shiitake could ‘capture’ these metals within an animal’s circulatory system, would it be able to do the same with toxic metals and other pollutants in contaminated water?,” she recalls. Then, another funding was approved (project #2016 / 22873-4), which intended to find out

foi aprovado, com financiamento da Fapesp (2016/22873-4), voltado ao uso de cogumelos como alternativas para a biorremediação, nome dado ao conjunto de técnicas que removem contaminantes do meio ambiente por meio de processos biológicos.

Nos projetos de biorremediação desenvolvidos na Uniso, a parte dos cogumelos utilizada não é a frutificação em si, como no caso das pesquisas voltadas à ingestão, mas os talos e os blocos de substrato, partes que normalmente não são comercializadas e seriam descartadas pelos produtores, como menciona Akamatsu.

Nessas pesquisas, esses blocos são reprocessados junto aos talos de cogumelos não utilizados, sendo então aplicados em água contaminada para a remoção de metais pesados e hormônios. “As pesquisas envolvendo o shiitake e outros cogumelos para a biorremediação continuam”, destaca Grotto, “elas estão sendo aperfeiçoadas para que, no final, seja desenvolvido um produto que possa, inclusive, vir a ser comercializado.” Uma reportagem completa sobre um desses estudos já concluídos pode ser conferida na página 76 desta edição.

Além disso, é possível reutilizar o mesmo substrato do shiitake como insumo para a construção civil. Essa é uma alternativa bastante interessante porque, além de dar um novo destino aos blocos de substrato, reduzindo a quantidade de material descartada no meio ambiente, reduz também a necessidade de extração de novas matérias-primas, como a argila e o calcário, mantendo as reservas terrestres intactas e preservando os ecossistemas que seriam afetados pelo processo de extração. Uma reportagem sobre dois desses estudos pode ser conferida na página 86 desta edição.

how mushrooms could be used as alternatives for bioremediation, a set of techniques that remove contaminants from the environment through biological processes.

In the bioremediation projects developed at Uniso, the part of the mushrooms that researchers use is not the fruiting itself, but the stems and blocks of substrate, parts that are not normally commercialized, and would otherwise be discarded by producers, as mentioned by Akamatsu.

In these studies, these blocks and the unused mushroom stems within are reprocessed, and then applied in contaminated water to remove heavy metals and hormones. “Research projects involving shiitake and other mushrooms for bioremediation go on,” Grotto says, “they are being perfected so that, after all, we can launch a product that may be commercialized.” A story on one of these studies can be found on page 76 of this issue.

Besides that, it is also possible to reuse the same shiitake substrate as an additive to be used in civil construction. This is a very interesting alternative because, in addition to giving a new destination to the blocks of substrate, reducing the amount of material discarded directly in the environment, it also reduces the need to extract new raw materials, such as clay and limestone, maintaining the natural reserves intact and preserving the ecosystems that would be affected by the extraction process. A story covering two of these research projects can be found on page 86 of this issue.