

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Instituto de Química - Câmpus de Araraquara

LUCAS TOTTH ELIAS E SILVA

Divulgação científica e extensão universitária: uma análise sobre o potencial biotecnológico de *Neurospora crassa* na conversão de resíduos vegetais em biocombustíveis

Araraquara
2025



LUCAS TOTH ELIAS E SILVA

Divulgação científica e extensão universitária: Uma análise sobre o potencial biotecnológico de *Neurospora crassa* na conversão de resíduos vegetais em biocombustíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara, para obtenção do título de Bacharel em Química.

Orientador(a): Prof. Dr. Fernanda Zanolli Freitas.

Araraquara

2025

S586d Silva, Lucas Toth Elias e
Divulgação científica e extensão universitária : uma análise sobre o potencial biotecnológico de Neurospora crassa na conversão de resíduos vegetais em biocombustíveis / Lucas Toth Elias e Silva. -- Araraquara, 2025
87 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara
Orientadora: Fernanda Zanolli Freitas

1. Divulgação científica. 2. Bioquímica. 3. Neurospora crassa. 4. Lignina. 5. Extensão universitária. I. Título.

LUCAS TOTH ELIAS E SILVA

Divulgação científica e extensão universitária: Uma análise sobre o potencial biotecnológico de *Neurospora crassa* na conversão de resíduos vegetais em biocombustíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Instituto de Química, Araraquara, para obtenção
do título de Bacharel em Química.

Data da defesa: 02/12/2025

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernanda Zanolli Freitas

Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Prof. Dr. Norival Alves Santos Filho

Dedico este trabalho primeiramente para toda minha família,
que me apoiou desde o dia que eu nasci, minha mãe
Simone, meu pai Jacques, minha irmã Gabi, esse trabalho é
o resumo do meu esforço e do de vocês! Também dedico a
todos que fizeram parte da minha jornada, minha namorada
Cassielí, que esteve todos os dias ao meu lado me
apoiando, todos meus amigos e república Intro, sem vocês
eu não teria conseguido!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora Fernanda que me ajudou (e muito) na realização deste trabalho, e acreditou na minha capacidade de evolução lá no começo!! Com certeza vou levar essa história toda para a minha vida. Meus agradecimentos vão também para todos os membros do Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos (LBqMBM) do IQAr-UNESP, especialmente o mestrando Ramiro Igor Soares Dos Santos, meu antigo colega de classe, pela disposição de me ajudar com todos os materiais necessários.

Agradeço também o grupo PET-QUÍMICA da UNESP Araraquara, por todas as experiências e por ser a razão principal do meu crescimento pessoal e profissional, meu muito obrigado a todos que dividiram essa experiência comigo!

Agradeço a Escola Estadual Jardim dos Oitis, toda a equipe de coordenação que foi super solícita e acolheram muito a ideia... A professora de laboratório e principalmente os alunos do 3º ano do EM, que foram super participativos e fizeram a aplicação do TDC ser uma experiência única na minha vida e que vou guardar pra sempre no meu coração!

Um agradecimento especial vai para a minha professora de matemática do meu 3º ano do EM, que foi a primeira a acreditar em mim e me incentivar a entrar na UNESP.

Poderia citar um monte de pessoas que fizeram essa jornada na universidade ser mais do que especial, mas com certeza a lista seria maior do que este trabalho, todos estarão para sempre eternizados nas boas memórias e principalmente no meu coração!!!

“Irmão
Você não percebeu que você é o único representante do seu sonho
na face da Terra?
Se isso não fizer você correr, chapa
Eu não sei o que vai”

(Levanta e Anda - Emicida part. Rael)

RESUMO

A divulgação científica assume papel estratégico na mediação entre o conhecimento produzido na universidade e sua difusão para a sociedade, especialmente em um contexto no qual a compreensão pública da ciência se torna indispensável para a formação crítica e para o fortalecimento da educação básica. Sob essa perspectiva, o presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como finalidade revisitar, sistematizar e reinterpretar a pesquisa “Identificação do secretoma lignolítico de *Neurospora crassa* envolvido na desconstrução da parede celular vegetal”, desenvolvida no Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos (LBqMBM) do IQAr-UNESP, de modo a transformá-la em um Texto de Divulgação Científica (TDC) destinado a estudantes do Ensino Médio (EM). A pesquisa selecionada envolve temáticas que conversam com o público e que são de relevância biotecnológica, tais como degradação de biomassa vegetal, conceitos bioquímicos e a aplicação de fungos em processos de interesse comercial, cuja compreensão exige uma elaboração teórica cuidadosa para evitar obstáculos epistemológicos e promover uma aprendizagem significativa. Para isto, a elaboração do TDC baseou-se em referencial teórico sobre divulgação científica, sobretudo nas diretrizes propostas por Primo (2023), as quais orientam a seleção, reorganização e tradução do conteúdo científico para uma linguagem acessível, preservando os conceitos e a integridade das informações. A produção textual foi combinada com uma construção visual realizada na plataforma Canva, buscando clareza, coerência e atratividade para o público alvo. O TDC foi aplicado in loco em uma escola pública da rede estadual, em forma de atividade extensionista, desenvolvida em parceria com o grupo PET-QUÍMICA do IQAr-UNESP. A aplicação foi estruturada em três momentos: 1) apresentação do TDC; 2) atividade prática, envolvendo produção de material pelos alunos para a observação microscópica do fungo e 3) discussão orientada sobre o papel social da universidade e sua pesquisa e a trajetória acadêmica. Dois questionários foram utilizados como instrumentos de avaliação formativa, um inicial e outro final, permitindo refletir sobre o impacto da atividade no interesse dos estudantes por temas científicos e carreira acadêmica. Os resultados obtidos evidenciaram que a utilização de materiais de divulgação científica, articulados a práticas extensionistas, favorecem a aproximação entre estudantes e conhecimentos de bioquímica, ampliando sua compreensão sobre a pesquisa realizada nas universidades e sua importância para a sociedade, fortalecendo o vínculo entre o ensino superior e a escola. O trabalho reafirma a importância do princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, demonstrando o potencial da divulgação científica como ferramenta estruturante para a democratização do conhecimento e para a promoção de uma formação crítica e informada.

Palavras-chave: Divulgação científica. Bioquímica. *Neurospora crassa*. Lignina. Extensão universitária. Biocombustíveis.

ABSTRACT

Scientific dissemination plays a strategic role in mediating between the knowledge produced within universities and its diffusion to society, especially in a context in which public understanding of science becomes essential for critical formation and for strengthening basic education. From this perspective, the current study seeks to revisit, organize, and reinterpret a Master's Thesis titled "Identification of the lignolytic secretome of *Neurospora crassa* involved in the deconstruction of the plant cell wall." This research was conducted at the Laboratory of Biochemistry and Molecular Biology of Microorganisms (LBqMBM) at IQAr-UNESP, with the goal of converting it into a Scientific Dissemination Text (SDT) aimed at high school students. The selected research focuses on themes that are significant and relatable to this audience, possessing biotechnological relevance. These themes include the degradation of plant biomass, biochemical concepts, and the application of fungi in commercially relevant processes. Understanding these subjects necessitates a careful theoretical approach to avoid epistemological barriers and facilitate meaningful learning. To accomplish this, the development of the Scientific Dissemination Text (SDT) was based on theoretical frameworks regarding scientific communication, particularly the guidelines proposed by Primo (2023), which guide the selection, reorganization, and translation of scientific content into an accessible language while maintaining conceptual accuracy and the integrity of the information. The text production was integrated with visual design using the Canva platform, focusing on clarity, coherence, and appeal to the target audience. The Scientific Dissemination Text (SDT) was implemented *in situ* at a public state school as part of an extension activity, conducted in collaboration with the PET-QUIMICA group of IQAr-UNESP. The implementation was organized into three phases: (1) presentation of the SDT; (2) a practical activity where students created materials for microscopic observation of the fungus; and (3) a guided discussion on the social role of the university, its research, and academic pathways. Two questionnaires were employed as formative evaluation tools—one at the beginning and another at the end, allowing for reflection on the activity's impact on students' interest in scientific topics and academic careers. The results indicated that the utilization of scientific dissemination materials, together with extension practices, enhances students' engagement with biochemical knowledge. This approach broadens their understanding of university-based research and its societal relevance, while also strengthening the connection between higher education and schools. The study reaffirms the significance of the principle of inseparability among teaching, research, and extension, highlighting the potential of scientific dissemination as a foundational tool for democratizing knowledge and fostering critical and informed education.

Keywords: Scientific dissemination. Biochemistry. *Neurospora crassa*. Lignin. University extension. Biofuels.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ilustração das estruturas e dos principais biopolímeros da parede celular vegetal	16
Figura 2.	Estrutura da molécula de celulose	17
Figura 3.	Estrutura hipotética da hemicelulose	19
Figura 4.	Precursosores predominantes da molécula de lignina	20
Figura 5.	Citações de <i>N. crassa</i> nos últimos 10 anos	36
Figuras 6 e 7.	Tabelas retiradas da dissertação de PRIMO para elaboração textual de um Texto de Divulgação Científico	38
Figura 8.	Tabela retirada da dissertação de PRIMO: forma de um TDC	39
Figura 9.	Entrada da E.E. Jardim dos Oitis, retirada do Google Maps	40
Figura 10.	Cabeçalho da Folha de Proposta enviada para a coordenação da E.E. Jardim Oitis	41
Figura 11.	Secção “Metodologia” da proposta	41
Figura 12.	Secção “Questionários” da proposta	43
Figura 13.	Capa do TDC elaborado	44
Figura 14.	Slide de abertura do trabalho apresentado “Palestra na Escola” ..	45
Figuras 15 e 16.	Questionário INICIAL aplicado aos alunos da escola publica	45
Figura 17.	Questionário FINAL aplicado aos alunos da escola pública	46
Figura 18.	Materiais utilizados para o desenvolvimento da parte prática da aplicação do TDC na escola	47
Figura 19.	Teste de Benedict para testar a presença de açúcares redutores nas amostras	50
Figura 20.	Análise de crescimento de <i>Neurospora</i> em diferentes fontes de C	51
Figura 21.	Capa do TDC, contendo o título e a manchete em destaque	53
Figura 22.	Aplicação da parte pratica do TDC aos alunos de ensino médio da escola estadual	56

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1.	Composição de lignina e diferentes materiais lignocelulósicos.....	21
Quadro 1.	Questionário Inicial	56
Quadro 2.	Questionário Final	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAO	Álcool arílico oxidase
EC	Number Enzyme commission number
FGSC	Fungal Genetics Stock Center
GLO	Glioxal oxidase
LBqMBM	Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos
LC - MS/MS	Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas
LP	Lignina peroxidase
MM	Massa Molecular
MnP	Manganês peroxidase
<i>N. crassa</i>	<i>Neurospora crassa</i>
ORF	“Open Reading Frame”
PET	Programa de Educação Tutorial
qPCR	PCR quantitativo em tempo real
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TDC	Texto de divulgação científica
VM	Meio mínimo de Vogel
VP	Peroxidases versáteis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DESAFIO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS E CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2 COMPOSIÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL.....	15
1.2.1 Celulose	17
1.2.2 Hemicelulose	18
1.2.3 Lignina.....	19
1.4 USO DAS ENZIMAS LIGNOLÍTICAS.....	22
1.5 FUNGOS COM CAPACIDADE DE DEGRADAR OU MODIFICAR A LIGNINA ..	24
1.6 <i>NEUROSPORA CRASSA</i> COMO ALTERNATIVA.....	24
1.7 PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	26
2 OBJETIVOS.....	30
2.1 OBJETIVO GERAL	30
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	31
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA DE SILVA (2019)	31
3.2 METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA DE SILVA (2019).....	32
3.2.1 Análise do crescimento radial das colônias.....	32
3.2.2 Determinação da extensão apical das hifas em <i>Race tubes</i>	32
3.2.3 Produção de hifas aéreas e conídios	33
3.2.4 Padronização das culturas líquidas e obtenção de secretomas.....	33
3.2.5 Obtenção das proteínas secretadas.....	34
3.2.6 Teste de Benedict	34
3.2.7 Precipitação das proteínas totais com ácido tricloroacético (TCA) e acetona ..	34
3.2.8 Análise do secretoma	35
3.2.9 SDS-PAGE e 2D-PAGE	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS USADOS NESTE TRABALHO	36
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	36
4.1.1 Recorte dos últimos dez anos (2016-2025).....	36
4.2 ELABORANDO UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	37
4.2.1 Estruturação Textual	38
4.2.1.1 Conteúdo.....	38
4.2.1.2 Forma	39

4.3 APLICAÇÃO DO TDC	40
4.3.1 Metodologia utilizada.....	40
4.3.2 Materiais para aplicação.....	44
5 RESULTADOS ALCANÇADOS NESTE TCC	48
5.1 APRENDIZADO DA REVISAO BIBLIOGRAFICA	48
5.2 TDC: APLICAÇÃO E RESULTADOS	52
6 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 DESAFIO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS E CONTEXTUALIZAÇÃO

O interesse por fontes alternativas de energia acompanha a humanidade há mais de um século, mas ganhou força principalmente a partir da crise do petróleo na década de 70, quando a dependência dos combustíveis fósseis se mostrou uma vulnerabilidade econômica e geopolítica, como aponta Goldemberg (2007). Nesse período, países dependentes da importação de petróleo buscaram alternativas energéticas que garantissem maior autonomia, sendo os biocombustíveis uma das soluções mais promissoras encontradas.

No Brasil, esse movimento foi iniciado com a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) em 1975, que visava estimular a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar como substituto da gasolina. O programa representou um marco mundial na adoção em larga escala de biocombustíveis, permitindo ao país consolidar uma posição de liderança global nesse setor, considerado a maior experiência mundial de exploração comercial de biomassa como fonte energética. Além do etanol, a produção de biodiesel também ganhou força a partir dos anos 2000, impulsionada pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com o objetivo de estimular o uso do biodiesel e com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda.

A busca por biocombustíveis não está apenas relacionada à independência energética, mas também a preocupações ambientais. A queima de combustíveis fósseis é a principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), que contribuem significativamente para o aquecimento global, evidenciado principalmente pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021). Assim, biocombustíveis de primeira geração, produzidos a partir de açúcares, amidos e óleos vegetais, surgiram como alternativa. Porém, de acordo com Braga e Braga (2012), a produção de biodiesel contém alguns desafios: o custo elevado em comparação aos combustíveis fósseis; A possível competição com alimentos no mercado de matérias-primas; A geração de grandes volumes de glicerina (subproduto que representa de 5 a 10% do biodiesel bruto), que tem potencial de absorção limitado pelo mercado; E por fim, a produção intensiva e insustentável de

matérias-primas, que pode comprometer a fertilidade do solo, causar perda de biodiversidade e impactar negativamente a fauna e a flora locais.

Para superar essa limitação, foram desenvolvidos os biocombustíveis de segunda geração, derivados de biomassa lignocelulósica, que inclui resíduos agrícolas, florestais e industriais. Essa nova abordagem busca transformar o que antes era resíduo em fonte energética renovável e de menor impacto ambiental. Apesar do grande potencial, a utilização dessa biomassa encontra barreiras técnicas e econômicas, como comparado por Shibukawa (2023), sobretudo pela presença da lignina, um polímero resistente e complexo que dificulta o acesso aos açúcares fermentáveis da celulose e hemicelulose.

Nas últimas duas décadas, os avanços em biotecnologia e microbiologia trouxeram novas perspectivas. Fungos filamentosos e bactérias têm sido estudados como potenciais agentes biológicos para a degradação da lignina e o aproveitamento integral da biomassa, como descrito por Dashora (2023). Nesse contexto, surge o interesse crescente por organismos modelo como *Neurospora crassa*, que apresentam não apenas ferramentas genéticas amplamente descritas, mas também um secretoma enzimático capaz de modificar e degradar estruturas lignocelulósicas, abrindo caminhos para a produção sustentável de biocombustíveis e outros produtos de interesse biotecnológico.

Atualmente os métodos para remover a lignina consistem em pré-tratamentos físico-químicos severos, com o uso de muitos solventes e compostos orgânicos que aumentam o custo de produção dos compostos relacionados à lignina e causam muito impacto ambiental. A substituição destes métodos por fungos filamentosos como a *N. crassa* através de coquetéis enzimáticos é uma alternativa promissora para a remoção da lignina sem prejudicar o meio ambiente, explorada por Silva (2019), que consiste na base dessa revisão bibliográfica.

Dessa forma, o contexto e os desafios dos biocombustíveis nos permitem compreender que a questão energética ultrapassa dimensões meramente tecnológicas, mas envolvem também aspectos econômicos, sociais e ambientais. A transição energética para fontes renováveis, da qual os biocombustíveis são parte essencial, reflete não apenas a necessidade de inovação científica, mas também de políticas públicas consistentes e de uma visão de longo prazo sobre uma eficiência sustentável. Além disso é de suma importância entender o funcionamento da lignina e a estrutura da biomassa vegetal, ambas exploradas na secção a seguir.

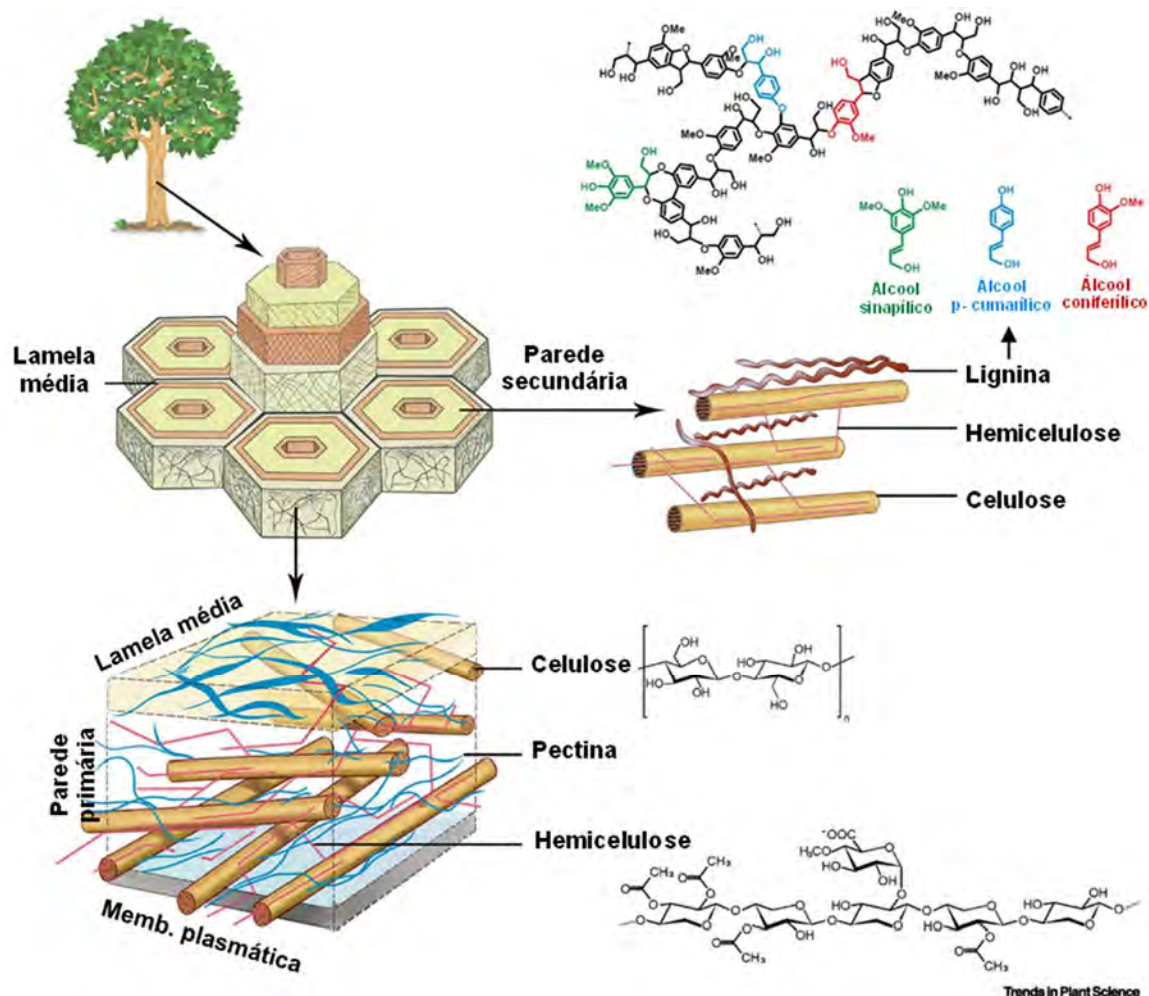
1.2 COMPOSIÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL

As paredes celulares das plantas são estruturas de grande importância biológica, responsáveis por processos essenciais como a regulação da forma e expansão celular, a manutenção da coesão tecidual, a troca iônica e a proteção contra microrganismos patogênicos. Nelas, encontra-se a maior parte do carbono fixado durante o metabolismo vegetal, sendo a principal fonte de biomassa terrestre e um dos mais relevantes reservatórios de energia renovável (Somerville et al., 2004; Burton et al., 2010).

A parede celular vegetal pode ser classificada em dois tipos principais: a parede primária e a parede secundária. Ambas se encontram conectadas pela lamela média, estrutura rica em pectina que confere uma adesão entre células adjacentes (Cosgrove, 2005) (Figura 1). Do ponto de vista químico, esse sistema é composto majoritariamente por polissacarídeos de massa molecular alta, como celulose, hemiceluloses (xilanas, glucuronoxilanas, xiloglucanas, arabinoxilanas, glucanas de ligação mista ou glucomananas) e pectina. Junto disso, é composta pela lignina, um polímero polifenólico, e pequenas quantidades de proteínas estruturais (Burton et al., 2010).

Entre seus os constituintes, a celulose destaca-se como o biopolímero mais abundante da Terra, atuando como componente fibroso fundamental das paredes celulares. Suas microfibrilas estão associadas a polissacarídeos solúveis complexos, como hemiceluloses e pectinas (Slabaugh et al., 2014). A lignina, por outro lado, não possui natureza carboidrato e é imprescindível para a integridade estrutural da parede celular (Zhao; Dixon, 2011). Essa combinação de polímeros confere grande flexibilidade e complexidade estrutural, além de permitir ampla aplicação em setores industriais, tais como produção de papel, fibras têxteis, madeira, alimentos, processos enzimológicos e **biocombustíveis** (Burton, 2010; Fincher, 2014).

As arquiteturas das paredes celulares apresentam grande diversidade, variando de acordo com a espécie vegetal e o tipo de célula. Essa heterogeneidade estrutural está diretamente relacionada às funções desempenhadas por cada parede. Nas paredes secundárias, por exemplo, a composição média é de 40% a 80% de celulose, 10% a 40% de hemiceluloses, 5% a 25% de lignina e pequenas quantidades de proteínas (Knox, 2008).



FONTE: Adaptado de Zhao *et al* (2019) e Silva (2019).

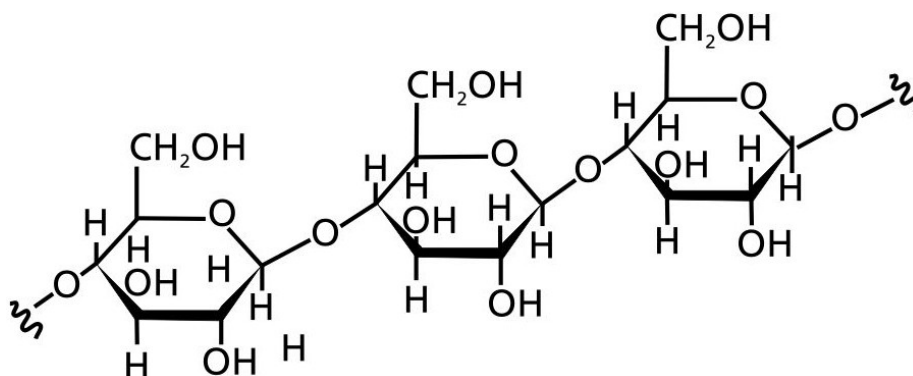
Figura 1. Ilustração das estruturas e dos principais biopolímeros da parede celular vegetal. Estruturas da parede celular mostrando o meio lamela, a parede primária e a parede secundária e a organização das microfibrilas de celulose. A lamela média é uma camada rica em pectina que une as paredes primárias das células adjacentes. Na parede primária, as microfibrilas de celulose são reticuladas em uma rede complexa por moléculas de hemicelulose, que são ligadas à superfície das microfibrilas por ligações de hidrogênio. As pectinas são polissacarídeos altamente hidrofílicos envolvidos na rede celulose-hemicelulose. A celulose é o principal componente das paredes celulares das plantas e é composta por monômeros repetidos de glicose, ligados de ponta a ponta, em microfibrilas. A estrutura da lignina representa monômeros característicos, que são definidos como unidades de p-hidroxifenil, unidades de seringil e unidades de guaiaxil. A hemicelulose é representada pela xilana, a principal macromolécula da hemicelulose. Os componentes típicos da parede celular vegetal secundária são celulose, hemicelulose e lignina.

A organização da parede celular ocorre em camadas distintas. A lamela média, composta principalmente por pectina, conecta células vizinhas. Na parede primária, as microfibrilas de celulose se entrelaçam em uma rede de hemicelulose, sendo mantidas por ligações de hidrogênio. As pectinas, altamente hidrofílicas, completam a rede celulose-hemicelulose. A celulose, por sua vez, é formada por cadeias lineares de glicose unidas por ligações β -1,4, que se agregam em microfibrilas, mantidas por

ligações de hidrogênio e interações de Van der Waals (Parthasarathi, 2011). Já a lignina é constituída por monômeros de p-hidroxifenil, siringil e guaiacil, enquanto a hemicelulose tem na xilana sua principal macromolécula representativa. Esses três polímeros, (celulose, hemicelulose e lignina) configuram os componentes típicos da parede celular secundária (Zhao et al., 2019).

1.2.1 Celulose

A celulose (Fig. 2) é um polissacarídeo de cadeia linear, insolúvel e altamente resistente à hidrólise, sendo o principal componente estrutural das células vegetais. Sua molécula é formada por milhares de unidades de glicose conectadas por ligações glicosídicas do tipo β -1 $\rightarrow$ 4 alternadas, com um ângulo de 180° entre cada unidade (Prasad et al., 2019). O comprimento das cadeias pode variar de algumas centenas até mais de 10.000 unidades de glicose (Horn et al., 2012).



Fonte: Imagem disponibilizada pelo site <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7193>.

Figura 2. Estrutura da molécula de celulose. A celulose é um polímero formado por resíduos de glicose unidos entre si por ligações glicosídicas do tipo β -1,4.

A estrutura da celulose apresenta regiões cristalinas, densamente organizadas, e regiões amorfas, menos ordenadas (Horn et al., 2012). As regiões cristalinas são mais resistentes à degradação, pois dificultam o acesso das enzimas celulolíticas e de pequenas moléculas, devido à sua compactação (Arantes & Saddler, 2010). Já as regiões amorfas são mais acessíveis, podendo ser hidrolisadas com maior facilidade e convertidas em monômeros de glicose pela ação das enzimas celulasas (Lee et al., 1983; Hall et al., 2010; Kumar et al., 2008).

Diversas enzimas fúngicas participam da degradação da celulose, entre elas: (1) as endo-1,4- β -glucanases, da família das glicosil-hidrolases, que clivam ligações internas nas cadeias de celulose; (2) as exo-1,4- β -glucanases, também chamadas de celobio-hidrolases, que atuam nas extremidades das cadeias; (3) as β -glucosidases, responsáveis por hidrolisar a celobiose em duas moléculas de glicose; e (4) as polissacarídeo monooxigenases, uma nova classe de enzimas dependentes de cobre, capazes de realizar a clivagem oxidativa da celulose com o auxílio de doadores externos de elétrons (Cantarel et al., 2009; Van Den Brik; Vries, 2011; Beeson et al., 2012).

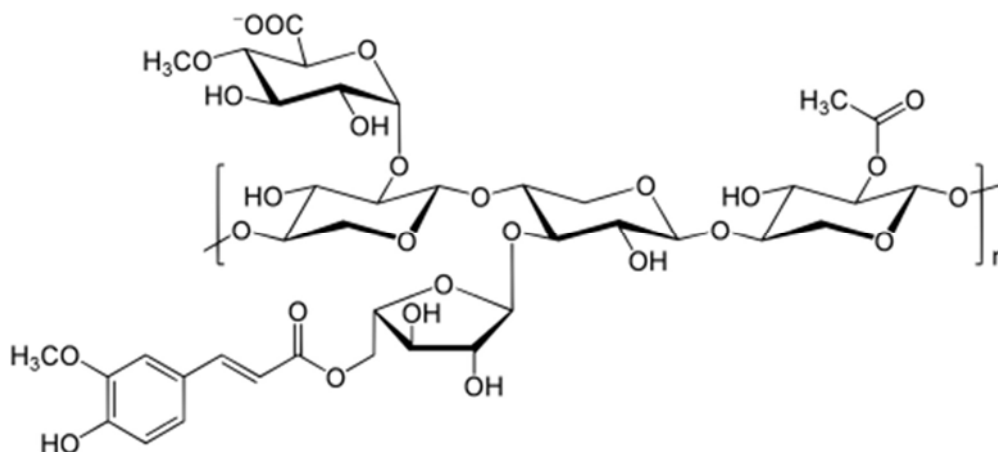
Em condições que favorecem a produção de celulases, o fungo *Trichoderma reesei* secreta cerca de 80% de suas proteínas na forma de duas celobio-hidrolases principais (Cel7A/CBH1 e Cel6A/CBH2). De modo semelhante, em *Neurospora crassa*, quatro celulases (CBH-1, GH6-2, GH5-1 e GH3-4) representam aproximadamente 65% do secretoma quando o fungo é cultivado sob as mesmas condições (Nummi et al., 1983; Phillips et al., 1991).

1.2.2 Hemicelulose

As hemiceluloses são polímeros do tipo carboidrato, e estão presentes na parede celular primária e secundária das plantas (Ebringerov et al., 2005; Sorieul et al., 2016) (Fig. 3). A composição química das hemiceluloses varia de acordo com as diferentes espécies de plantas. Na sua maioria, estes polissacarídeos são heteropolímeros apresentando cadeias ramificadas, constituídas principalmente por açúcares simples dos tipos: Pentoses (xilose e arabinose), hexoses (manose, glicose e galactose) e por açúcares complexos (ácido glucurônico, galacturônico e metilgalacturônico) (Saha, 2003; Adsul et al., 2011).

Diferente da celulose, sua quebra não gera apenas glicose e sim uma mistura de açúcares (em sua maioria pentoses) que a levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae* não é capaz de fermentar (Banerjee et al., 2010; Horn et al., 2012). Devido à variedade de açúcares e diferentes tipos de ligações químicas presentes em uma mesma cadeia, são necessários diferentes tipos de enzimas para sua completa hidrólise (Alvarez et al., 2016). No entanto, sua hidrólise ainda é mais fácil que a degradação da celulose (Agger et al., 2010). As principais enzimas responsáveis pela degradação das hemiceluloses são: 1) endo- β -1,4 xilanases; 2) α -L-

arabinofuranosidases; 3) β -xilosidases; 4) acetilxilana estereases; e 5) estereases do ácido ferúlico (Glass et al., 2013).



Fonte: Imagem disponibilizada pelo site-<https://maestrovirtuale.com/hemicelulose-classificacao-estrutura-biossintese-e-funcoes>.

Figura 3. Estrutura hipotética da hemicelulose. As hemiceluloses são heteropolímeros de carboidratos presentes na parede celular primária e secundária das plantas cuja composição química varia de acordo com as diferentes espécies de plantas. Na sua maioria, contêm pentoses como xilose e arabinose, hexoses como manose, glicose e galactose e açúcares complexos como ácido glucurônico, galacturônico e metilgalacturônico (Saha, 2003; Adsul et al., 2011).

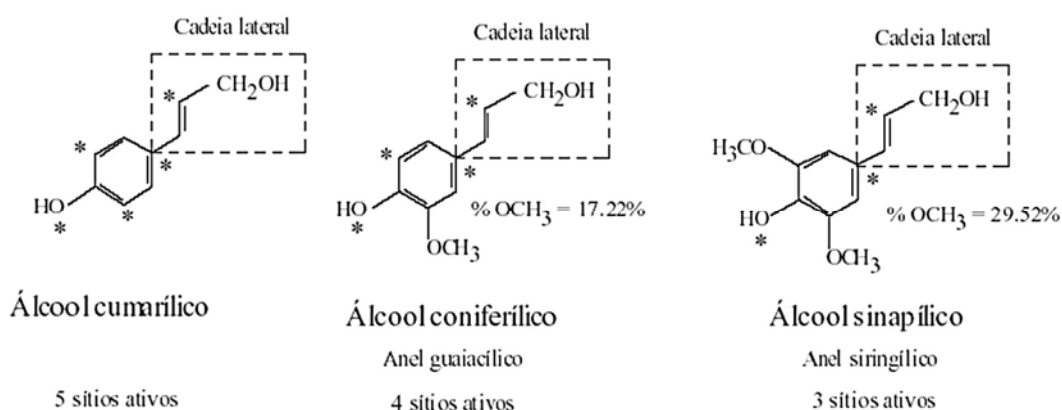
Em *A. niger* e *T. reesei*, genes de hemicelulase e enzimas envolvidas na utilização da xilose são induzidos na presença de xilose (Andersen et al., 2008; De Vries Et Al., 1999; Mach-Aigner et al., 2010). Ao contrário de *A. niger* e *T. reesei*, em *N. crassa* a presença de xilose não induz a maioria dos genes que codificam hemicelulases, e sim na presença de xilana, induzindo aproximadamente 350 genes, incluindo muitas enzimas hemicelulase descritas acima, bem como genes codificando proteínas de função bioquímica desconhecida (isto é, proteínas hipotéticas) (Sun et al., 2012).

1.2.3 Lignina

A lignina é um heteropolímero aromático, de alto peso molecular, formado pela polimerização dos álcoois p-cumarílico, coniferílico e sinapílico (Fig. 4), os quais correspondem, respectivamente, ao monômeros de p-hidrofênol (H), guaiacil (G) e

siringil (S) na lignina polimérica. (Faix, 1991; Wong, 2009). A lignina natural é incolor ou amarelo pálido, mas no tratamento com ácido ou alcalino, sua cor muda para marrom ou marrom escuro (Agrawal; Kaushik; Biswas, 2014). Está presente principalmente na lamela média onde é depositada durante a lignificação do tecido vegetal. Quando o processo de lignificação é completado, geralmente coincide com a morte da célula, formando o que se denomina “tecido de resistência”. Assim, conclui-se que a lignina é um produto final do metabolismo da planta.

Dentre os componentes da biomassa vegetal, a lignina corresponde a aproximadamente 15-30% do seu peso seco e responde pelo esqueleto das plantas, unindo as fibras de celulose para endurecer, conferir rigidez, impermeabilidade e reforçar a parede primária e secundária das células vegetais. Além da sua função estrutural, a lignina também desempenha função protetora, formando uma espécie de barreira contra a ação de enzimas microbianas na degradação da parede vegetal.



Fonte: Imagem disponibilizada pelo Prof. Dr. Umberto Klock.

Figura 4. Precursores predominantes da molécula de lignina. A lignina é um heteropolímero aromático, de alto peso molecular, formado pela polimerização dos álcoois p-cumarílico, coniferílico e sinapílico

Este polímero pode ser encontrado em todas as plantas vascularizadas e tanto a porcentagem da própria lignina quanto dos monômeros presentes em sua estrutura química, podem variar entre as espécies (Boerjan et al., 2003; Leonowicz et al., 1999). Nas folhas, por exemplo, a porcentagem de lignina é zero, já em madeiras de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar a concentração é de 20 e 21%. Portanto a lignina não

deve ser considerada como uma substância química única, mas sim como uma classe de materiais correlatos.

A lignina pode ser obtida a partir de diversas fontes renováveis como o bagaço de cana-de-açúcar, palha de milho, casca de nozes, dentre diversos tipos de madeira, sendo classificada em três grupos principais, dependendo da sua origem: 1) a lignina de madeira macia, também conhecida como guaiacil lignina e é formada pelo álcool coniferílico e pequenas quantidades de unidades derivadas dos álcoois sinapílico e p-cumarílico; 2) lignina de madeira dura, também conhecidas como guaiacil-siringil lignina, contendo praticamente partes iguais de álcool coniferílico e álcool sinapílico (metade de cada) ; e 3) a lignina de gramínea, que possui maior quantidade de álcool p-cumarílico em relação as outras classificações (Tabela 1) (Upton; Kasko, 2015).

A		Álcool coniferílico	Álcool sinapílico	Álcool p-cumarílico
Lignina de madeira macia		95%	1%	4%
Lignina de madeira dura ⁽¹⁾		50%	50%	2%
Lignina de gramínea		70%	25%	30%

B		Lignina (%)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Referências
Madeira macia (gimnospermas)	folhas	0	15 - 20	80 - 85	HOWARD <i>et al.</i> , 2003
Madeira dura (angiospermas)	álamos	16	52	27	ISIKGOR; BECER, 2015
	eucalipto	21	54	18	ISIKGOR; BECER, 2015
	carvalho	24	40	36	ISIKGOR; BECER, 2015
Gramíneas (angiospermas)	grama	10 - 30	25 - 40	25 - 50	MALHERBE; CLOETE, 2002
Resíduos Lignocelulósicos	bagaco de cana	20	42	25	KIM; DAY, 2011
	sorgo doce	21	45	27	KIM; DAY, 2011
	espiga de milho	15	45	35	HOWARD <i>et al.</i> , 2003
	palha de arroz	18	32,1	24	HOWARD <i>et al.</i> , 2003
	jornal	18 - 30	40 - 55	25 - 40	HOWARD <i>et al.</i> , 2003
	casca de nozes	30 - 40	25 - 30	25 - 30	PRASAD <i>et al.</i> , 2007
	casca de cevada	16	34	36	ISIKGOR; BECER, 2015
	palha de trigo	15 - 20	33 - 40	20 - 25	PRASAD <i>et al.</i> , 2007
	palha de milho	7 - 18	35 - 40	17 - 35	BYADGI; KALBURGI, 2016

(A) Porcentagem dos monômeros presentes em média nas diferentes ligninas. ⁽¹⁾ A maioria das ligninas de madeira é composta de quantidades aproximadamente iguais de álcool coniferílico e sinapílico, mas são conhecidas algumas exceções. (B) Porcentagem de Lignina e dos outros principais polímeros presentes em diferentes biomassas vegetais.

FONTE: (A) Adaptado de PRASAD *et al.*, 2019; (B) Adaptado de BRUNOW, 2010

Fonte: Silva (2019).

Tabela 1. Composição de lignina e diferentes materiais lignocelulósicos.

1.3 ENZIMAS LIGNOLÍTICAS

A degradação da lignina é um processo complexo que requer a atuação conjunta de diversas oxidases microbianas. Entre essas, destacam-se as oxidases fúngicas, divididas em dois grandes grupos: as heme-peroxidases e as fenol oxidases dependentes de cobre. As heme-peroxidases incluem as ligninas peroxidases (LiP; EC 1.11.1.14), manganês peroxidases (MnP; EC 1.11.1.13) e peroxidases versáteis

(VP; EC 1.11.1.16), enquanto as fenol oxidases são representadas pelas lacases (EC 1.10.3.2) (Leonowicz et al., 2001; Guerriero et al., 2016). Além dessas, dioxigenases como a protocatechuate 3,4-dioxigenase (P34D; EC 1.13.11.3), 1,2,4-trihidroxibenzeno 1,2-dioxigenase (TBH12D) e catecol 1,2-dioxigenase (C12D; EC 1.13.11.1) também participam diretamente do ataque à estrutura lignificada (Leonowicz, 1999).

Outros grupos de enzimas atuam de forma complementar a essas principais oxidases. O segundo grupo, formado pela superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) e pela glioxal oxidase (GLO; EC 1.2.3.5), auxilia na degradação sem agir diretamente sobre a madeira. Já o terceiro grupo inclui enzimas como glicose 1-oxidase (GOD; EC 1.1.3.4), álcool arílico oxidase (AAO; EC 1.1.3.7), álcool verátrico oxidase (VAO), piranose 2-oxidase (P2O; EC 1.1.3.10), celobiose oxidoreductase (CBQ; EC 1.1.5.1), celobiose desidrogenase (CDH; EC 1.1.99.18) e celobiose/quinona oxireductase (EC 1.1.5.1). Essas enzimas reduzem os radicais metoxi formados por LiP, MnP e lacases, além de gerar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) necessário às reações peroxidásicas (Ander; Marzullo, 1997). Por sua função reguladora e cooperativa, são denominadas enzimas do tipo feedback, pois integram diferentes vias metabólicas envolvidas na degradação da madeira, frequentemente com a participação de proteases extracelulares que auxiliam no amadurecimento dessas proteínas (Staszczak et al., 1996).

1.4 USO DAS ENZIMAS LIGNOLÍTICAS

Grande parte da biomassa lignocelulósica é gerada como subproduto em diversas indústrias, sendo comumente utilizada na geração de energia, alimentação animal ou como mulching em áreas agrícolas. Contudo, uma fração significativa dessa biomassa é subutilizada, sendo queimada ou deixada para decomposição natural, resultando em desperdício de material com alto potencial energético. Essa biomassa residual pode ser convertida em biocombustíveis de segunda geração e outros produtos de maior valor agregado, como relatado por Masran et al. (2016). O processo de separação da lignina da celulose, conhecido como “deslignificação”, é um dos estágios mais complexos da indústria de papel e celulose, podendo gerar ligninas com diferentes propriedades dependendo do método empregado (Brunow, 2010). Tal processo é crucial para a produção de bioetanol de segunda geração a partir de

diferentes biomassas como fonte alternativa para os combustíveis fósseis, já que a lignina ainda é uma barreira ao acesso da celulose. Assim, a liberação dos dois açúcares fermentáveis a partir dos carboidratos estruturais requer a desconstrução da lignina através de diferentes pré tratamentos que podem ser físicos (moagem da biomassa, aplicação de radiação), químicos (pré-tratamento hidrotérmico, pré-tratamento em meio ácido ou básico), biológicos (micro-organismos decompositores da madeira) ou a combinação desses (Galbe; Zacchi, 2002). Os tratamentos biológicos são considerados mais sustentáveis por utilizarem microrganismos lignolíticos que operam em condições brandas, com menor geração de resíduos e menor consumo energético.

As enzimas lignolíticas apresentam grande potencial biotecnológico e industrial, destacando-se as heme-peroxidases, lacases e DyP peroxidases. As heme-peroxidases e lacases são amplamente empregadas na deslignificação e no branqueamento da polpa de madeira, podendo substituir processos químicos tradicionais que utilizam compostos clorados, altamente poluentes (Wan; Li, 2012). As DyP peroxidases microbianas, por sua vez, demonstram alta eficiência na degradação de corantes antraquinônicos da indústria têxtil (Sugano, 2009).

As lacases, que utilizam apenas oxigênio como doador de elétrons e produzem água como subproduto, destacam-se pelo seu caráter ambientalmente favorável e ampla aplicação nos setores têxtil, de papel e alimentício (Riva, 2006; Canas, 2010). Na indústria de papel, a utilização de microrganismos lignolíticos antes dos tratamentos químicos ou mecânicos melhora a qualidade da polpa, reduz o consumo energético e minimiza a emissão de efluentes tóxicos (Mendonça et al., 2008). Já o cozimento *Kraft* usa hidróxido e hidrossulfeto de sódio, que dissolvem a lignina e liberam uma polpa de celulose de melhor qualidade, mas promove a formação do licor negro e outros compostos químicos altamente poluentes, que são liberados nos efluentes.

Espécies como *Ceriporiopsis subvermispota* e *Pleurotus chrysosporium* são exemplos eficientes, capazes de degradar parcialmente a lignina e produzir uma polpa de coloração mais clara, sem comprometer a integridade da celulose (Pérez et al., 2002).

1.5 FUNGOS COM CAPACIDADE DE DEGRADAR OU MODIFICAR A LIGNINA

A lignina, por conta da sua estrutura amorfa e complexa, apresenta elevada resistência à degradação biológica e não pode ser hidrolisada da mesma forma que outros componentes da parede celular vegetal. Sua desconstrução tem sido amplamente estudada em organismos decompositores de madeira, especialmente entre os basidiomicetos, conhecidos por sua eficiência na degradação lignolítica (Boyle et al., 1992; Leonowicz, 1999). Esses fungos são classificados de acordo com o tipo de degradação que promovem, divididos entre branca, marrom ou macia.

Os fungos de degradação branca, majoritariamente Basidiomicetos, e secretam grandes quantidades de oxidases lignolíticas, capazes de mineralizar a lignina até CO₂ e H₂O (Martinez Et Al., 2004; Wan; Li, 2012; Orth Et Al., 1993; Hatakka, 1994). Por outro lado, os fungos de degradação marrom, embora também pertençam aos Basidiomicetos, degradam preferencialmente polissacarídeos presentes na madeira, mantendo a lignina quase intacta, deixando apenas com um aspecto marrom e quebradiço (Blanchette, 1991; Rayner; Boddy, 1988). Já os fungos de degradação macia, incluindo ascomicetos e deuteromicetos, atuam principalmente em madeiras úmidas e densas, promovendo modificações parciais na lignina, metabolizando principalmente os polissacarídeos presentes nelas (Eslyn et al., 1975). Um exemplo relevante é o ascomiceto *Neurospora discreta*, que apresentou em um estudo recente, capacidade de degradar cerca de 40% da lignina do bagaço de cana-de-açúcar e 16% da lignina de fibra de coco, demonstrando o potencial desse grupo na bioconversão de resíduos lignocelulósicos (Pamidipati; Ahmed, 2016).

1.6 *Neurospora crassa* COMO ALTERNATIVA

O fungo *Neurospora crassa* é um ascomiceto que se destaca como um organismo relevante para estudos sobre desconstrução da biomassa lignocelulósica, tanto pela sua versatilidade quanto por suas características fisiológicas e genômicas, além de se tratar de um organismo não patogênico. Historicamente, esse fungo tem sido isolado com facilidade de culturas de cana-de-açúcar e *Miscanthus*, matérias-primas de grande interesse para a produção de biocombustíveis (Perkins et al., 1976; Pandit & Maheshwari, 1996; Smith et al., 2000). Embora sua capacidade de degradar celulose tenha sido documentada há mais de três décadas (Eberhart et al., 1977;

Romero et al., 1999), ainda existem lacunas na caracterização completa de seu potencial lignocelulolítico (Tian et al., 2009).

A elucidação do seu genoma revelou que *N. crassa* possui o dobro de genes codificadores de celulasas quando comparado a *Hypocrea jecorina*, além de múltiplos genes associados à degradação de hemiceluloses e outros componentes da parede celular vegetal (Martinez et al., 2008). Entretanto, grande parte desses genes permanece anotada como codificadora de proteínas de função desconhecida (Tian et al., 2009), tornando o organismo ainda mais interessante para estudos. Do ponto de vista biológico, *N. crassa* consolidou-se ao longo dos últimos 90 anos como organismo modelo em pesquisas de expressão gênica, ritmos circadianos, diferenciação celular, processos de defesa do genoma e regulação metabólica (Davis & Perkins, 2002).

Trata-se de um fungo filamentoso multicelular que apresenta hifas septadas, estruturas tubulares que formam o corpo vegetativo do fungo e permitem o fluxo de organelas e núcleos entre compartimentos. As hifas se organizam para formar o micélio, conjunto de filamentos que constitui a porção de crescimento e exploração do substrato. É um organismo saprófito e não patogênico, que apresenta ambos os ciclos sexuado e assexuado influenciado por fatores do meio ambiente, como nutrientes, luz e temperatura. A reprodução assexuada ocorre por meio de conídios, esporos unicelulares responsáveis pela disseminação eficiente do fungo e pela colonização rápida de novos ambientes, característica fundamental para espécies saprófitas. (Pandit e Maheshwari, 1996).

Seu genoma, composto por cerca de 40 Mb distribuídos em sete cromossomos, contém aproximadamente 10.082 (44%) genes codificadores de proteínas (Galagan et al., 2003; Schulte et al., 2002). Destes, 41% não possuem ortólogos conhecidos, refletindo o potencial ainda inexplorado de novas funções bioquímicas e regulatórias. A disponibilidade de milhares de linhagens mutantes depositadas no *Fungal Genetics Stock Center* (FGSC, Kansas City, Missouri, USA), incluindo mutantes para praticamente todos os genes codificadores de proteínas, viabiliza estudos funcionais detalhados via estratégias de nocaute gênico (Colot et al., 2006; Dunlap et al., 2007).

Do ponto de vista biotecnológico, estudos laboratoriais demonstram que *N. crassa* é capaz de degradar 18,7% da biomassa de *Miscanthus* em oito semanas (Shrestha et al., 2015), evidenciando sua capacidade de atuar na desconstrução de substratos lignocelulósicos complexos. Consultas ao banco de dados *FungiDB* identificam múltiplos genes relacionados a atividades lignolíticas e é esta diversidade

enzimática que reforça seu papel como modelo robusto para compreender sistemas lignolíticos de fungos filamentosos e explorar novas rotas biotecnológicas para a conversão de biomassa vegetal.

1.7 PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Agora que discutimos o propósito da pesquisa estudada, focaremos no principal pilar desse trabalho: A divulgação científica. Esse movimento vem adquirindo papel central no cenário contemporâneo, especialmente diante do avanço acelerado da ciência e da necessidade crescente de aproximar o conhecimento da sociedade. Em um contexto marcado por desinformação, lacunas educacionais e desigualdades no acesso ao saber, torna-se essencial que resultados científicos sejam traduzidos em linguagem clara e acessível, preservando sua complexidade, mas rompendo barreiras comunicacionais que tradicionalmente afastam o público da produção acadêmica. Nesse sentido, a divulgação científica se configura não apenas como um exercício de comunicação, mas como um compromisso ético, social e formativo da universidade pública.

O processo de transformar uma investigação científica em narrativa compreensível demanda postura crítica, domínio conceitual e sensibilidade por parte do divulgador. Como destaca Primo (2023), elaborar um Texto de Divulgação Científica envolve compreender profundamente o conteúdo de pesquisa, situá-lo em seu contexto teórico e metodológico e, sobretudo, reconstruí-lo de maneira que dialogue com os conhecimentos prévios, interesses e repertórios culturais do leitor. Esse movimento intelectual rompe a ideia equivocada de que divulgar ciência é “simplificar”, revelando, ao contrário, que se trata de um processo sofisticado de criação, mediação e tradução entre culturas distintas: a cultura científica e a cultura cotidiana.

A universidade pública, por sua própria missão institucional, possui responsabilidade direta nesse processo. A indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, princípio estruturante previsto na Constituição Federal e reafirmado pelas diretrizes das instituições de ensino superior, estabelece que o conhecimento produzido não deve permanecer restrito aos laboratórios e salas de aula. O diálogo com a sociedade, especialmente com estudantes da educação básica, torna-se

fundamental para promover inclusão, desenvolver pensamento crítico, estimular vocações científicas e fortalecer a compreensão pública sobre ciência e tecnologia.

Quando bem conduzida, a divulgação científica amplia horizontes, democratiza o saber e contribui para formar cidadãos informados e capazes de interpretar o mundo de maneira crítica. É nesse cenário que se insere a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso: transformar uma pesquisa acadêmica do Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos (LBqMBM), sobre o fungo *N. crassa* e seu potencial biotecnológico, em um Texto de Divulgação Científica voltado aos estudantes do EM. A escolha deste tema não foi casual. Trata-se de uma investigação que envolve conhecimentos contemporâneos e altamente relevantes, como bioquímica, sustentabilidade, biocombustíveis e decomposição de biomassa, elementos que dialogam diretamente com problemáticas ambientais, energéticas e industriais vivenciadas pela sociedade.

Além disso, o uso de um organismo pouco conhecido pelo público geral, mas com grande importância científica, desperta curiosidade e possibilita a construção de analogias com elementos do cotidiano, facilitando a apropriação do conhecimento. Ao transformar esse conteúdo em uma linguagem acessível e aplicá-lo no ambiente escolar por meio de atividades práticas e interativas, busca-se promover não apenas a compreensão conceitual, mas o encantamento pela ciência e pela pesquisa universitária. Assim, a divulgação científica, neste trabalho, é compreendida como uma ponte: uma ponte entre universidade e escola, entre pesquisa e sociedade, entre ciência e futuro. A construção e aplicação do TDC demonstram que essa aproximação é possível, necessária e transformadora, reafirmando o papel social da universidade pública e sua capacidade de produzir conhecimento que ultrapassa os muros institucionais e alcança diretamente a formação de jovens cidadãos.

1.8 FORMAS DE SE PRATICAR EXTENSÃO

A forma como a mediação da extensão é conduzida não é neutra, uma vez que reflete concepções pedagógicas, epistemológicas e sociais distintas. Nesse contexto, destacam-se duas abordagens contrastantes para a divulgação científica: A perspectiva assistencialista e a perspectiva dialógica, esta última fundamentada nas contribuições de Paulo Freire.

A abordagem assistencialista caracteriza-se por uma lógica unidirecional de transmissão do conhecimento, na qual o saber científico é concebido como um produto acabado, pertencente exclusivamente à universidade ou aos especialistas, e destinado a um público considerado carente ou incapaz de produzi-lo. Nessa perspectiva, o papel do divulgador é de “levar” a ciência à sociedade, frequentemente simplificando conteúdos sem considerar os saberes prévios, as experiências ou o contexto sociocultural do público alvo. Tal modelo tende a reforçar uma relação verticalizada entre quem detém o conhecimento e quem o recebe, aproximando-se do que Freire (1987) denomina de educação bancária, na qual o educando é visto como um recipiente passivo de informações.

Embora a abordagem assistencialista possa ampliar o acesso inicial a conteúdos científicos, ela apresenta limitações significativas, sobretudo por não promover a participação ativa do público nem estimular a reflexão crítica sobre a ciência e seus impactos sociais. Além disso, ao desconsiderar os saberes populares e as experiências cotidianas, essa forma de divulgação pode contribuir para a manutenção de desigualdades sociais e críticas, reforçando a ideia de que a ciência é distante, inacessível e alheia à realidade da maioria da população.

Em contraposição, a abordagem dialógica inspirada nos pressupostos da pedagogia *freireana*, concebe o processo de comunicação científica como uma construção coletiva do conhecimento. Segundo Freire (1987), o diálogo é um elemento central para a educação libertadora, pois reconhece os sujeitos como históricos, críticos e capazes de produzir saberes a partir de sua realidade. Aplicada à divulgação científica, essa perspectiva pressupõe a valorização do conhecimento prévio do público, a escuta ativa e a problematização dos conteúdos científicos em relação às demandas sociais concretas.

Na abordagem dialógica, a ciência não é apresentada como um conjunto de verdades absolutas, mas como um processo histórico, social e em constante transformação. O divulgador assume o papel de mediador, promovendo espaços de troca nos quais o conhecimento acadêmico dialoga com saberes populares, experiências locais e questões vivenciadas pelos participantes. Esse modelo favorece a apropriação crítica da ciência, estimulando o interesse, a participação e a compreensão de seu papel na sociedade.

Dessa forma, a divulgação científica dialógica alinha-se aos princípios da extensão universitária e à indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, ao

reconhecer a sociedade não apenas como destinatária, mas como coprodutora do conhecimento. Ao promover o diálogo e a reflexão crítica, essa abordagem contribui para a democratização da ciência, fortalecendo a formação crítica e o engajamento social em temas científicos e tecnológicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diante das discussões apresentadas na introdução deste trabalho, tem-se como objetivo geral a construção de um Texto de Divulgação Científica (TDC), baseado em uma dissertação orientada pela Prof. Dr. F.Z. Freitas, e aplicação do material produzido no EM (Extensão universitária). Além disso, produzir a partir dessa atividade, um relato de experiência, que será construído com questionários e uma reflexão, com intuito de respeitar a integração indissociável entre ensino, pesquisa e extensão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para direcionar o trabalho e seu desenvolvimento, visando à contemplação do objetivo geral, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Revisão bibliográfica da Dissertação;
- Desenvolvimento de um TDC com linguagem acessível para o público alvo definido (alunos do Ensino Médio);
- Escolha de uma escola de ensino público para desenvolvimento da extensão, conforme contexto atual da educação brasileira;
- Preparo de recursos visuais aplicados (amostras de culturas de microrganismos, amostras de biomassa vegetal processada, lâminas para visualização microscópica de *Neurospora*);
- Aplicação do TDC na escola escolhida, com um questionário inicial e um final, com perguntas direcionadas para a coleta de dados;
- Estabelecimento de colaboração com o grupo PET-QUÍMICA (Programa de Educação Tutorial) do IQAr-UNESP, o qual faço parte;
- Relato de experiência da atividade realizada a partir das respostas obtidas, com o objetivo de aproximar a universidade e os alunos da rede pública estadual.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA DE SILVA (2019)

Nessa seção, discutiremos sobre os materiais utilizados no artigo base, afim de um melhor entendimento sobre como foram conduzidos os resultados utilizados para criação do TDC.

Primeiramente, para a condução desses experimentos, foi utilizada a linhagem selvagem (WT = Wild type) *Neurospora crassa* 74-OR23-1VA (FGSC 2489, tipo sexual A), adquirida junto ao Fungal Genetics Stock Center (FGSC) e disponível no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Molecular (LBqMBM). A escolha dessa linhagem justifica-se por seu amplo uso como organismo modelo em estudos genéticos, fisiológicos e bioquímicos, bem como por sua reconhecida capacidade de degradação de componentes da biomassa vegetal.

Como substratos lignocelulósicos para os ensaios de degradação da biomassa vegetal e para a indução da secreção de enzimas lignolíticas pelo fungo, foram utilizados bagaço de cana-de-açúcar e serragem. O bagaço de cana foi obtido em um sítio localizado no município de Bebedouro, SP, enquanto a serragem foi fornecida pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) da cidade de Araraquara, SP. A seleção desses materiais deve-se à sua ampla disponibilidade, relevância industrial e elevada representatividade como fontes renováveis de carbono, além de apresentarem composições lignocelulósicas distintas, o que permite avaliar diferentes respostas metabólicas do fungo frente a substratos de complexidade variável.

O cultivo, a manutenção das linhagens e a realização dos experimentos foram conduzidos utilizando-se o meio mínimo de Vogel na concentração 1x (VM), conforme descrito por Vogel (1956). Esse meio, de composição quimicamente definida, foi empregado tanto para o crescimento basal do fungo quanto para os ensaios experimentais, possibilitando maior controle das condições nutricionais e facilitando a avaliação da utilização das diferentes fontes de carbono. Para os cultivos em meio sólido, o meio VM 1x foi suplementado com ágar a 2%. Quando necessário, as fontes de lignina (Lignina pura, bagaço de cana-de-açúcar e serragem) foram adicionadas ao meio de cultivo, permitindo a análise da capacidade de *N. crassa* em utilizar substratos lignocelulósicos e lignina como fontes alternativas de carbono.

3.2 METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA DE SILVA (2019)

3.2.1 Análise do crescimento radial das colônias

Para examinar de forma precisa como *N. crassa* responde morfológicamente a diferentes fontes de carbono, foram conduzidos experimentos independentes utilizando cultivos sólidos em placas de Petri. Cada meio foi preparado com VM sólido suplementado com bagaço de cana-de-açúcar ou serragem previamente tratados, ambos incorporados na razão de 1:10 (m/v). Também foram preparados cultivos com lignina purificada adicionada em concentrações graduais de 0,05% a 10% (m/v). Paralelamente, composições-controle foram preparadas sem qualquer fonte alternativa de carbono, incluindo ágar e água, VM sem carbono e VM suplementado com 2% de sacarose, permitindo distinguir respostas metabólicas e estruturais dependentes da complexidade do substrato. As colônias desenvolvidas pelo fungo tiveram seu crescimento monitorado, possibilitando acompanhar a progressão do micélio e eventuais alterações na morfologia da borda de crescimento. O comportamento do fungo quanto ao desenvolvimento de hifas basais também foi monitorado e imagens das regiões apicais foram adquiridas após 24h de cultivo, utilizando microscopia de contraste diferencial (DIC). Esse procedimento permitiu visualizar o padrão de ramificação, a plasticidade apical e a forma como *N. crassa* interage fisicamente com substratos lignocelulósicos, fornecendo uma visão estruturada da adaptação morfológica em meios de complexidade crescente.

3.2.2 Determinação da extensão apical das hifas em *Race tubes*

Para investigar a capacidade de se desenvolver em superfície sólida, absorvendo nutrientes do meio, foi monitorada a velocidade de crescimento linear do fungo por meio da extensão do ápice das hifas basais, em condições altamente controladas de temperatura e luminosidade, em *race tubes*. Neste caso, foi usada apenas a lignina purificada como fonte de C, uma vez que a textura do bagaço e da serragem impossibilitou a distribuição homogênea do meio dentro dos tubos, inviabilizando a leitura do avanço micelial.

Cada tubo foi inoculado com suspensão de conídios em uma das extremidades e os cultivos permaneceram inicialmente sob luz branca contínua durante a noite, procedimento utilizado para zerar o relógio biológico do fungo e padronizar o estado fisiológico inicial das hifas. No dia seguinte, o ponto correspondente às extremidades

apicais das primeiras hifas basais foi marcado e adotado como referência para todas as medições subsequentes. Após a marcação, os tubos foram transferidos para escuridão total, e a extensão do crescimento linear foi medida diariamente por 24h até que uma das culturas alcançasse a outra extremidade do tubo. Este ponto foi tomado como limite de leitura para todos os tubos, garantindo que as taxas de crescimento fossem comparadas sob o mesmo intervalo experimental. O método permitiu avaliar como a lignina, nas diferentes concentrações, influencia a taxa de alongação hifal, fornecendo informações fundamentais sobre a eficiência do uso desse polímero como fonte de carbono.

3.2.3 Produção de hifas aéreas e conídios

A formação de micélios aéreos e a conidiogênese foram estudadas em condições mais extensas de cultivo, uma vez que estes processos requerem transições metabólicas específicas. Para isso, Erlenmeyers contendo 50 mL de VM sólido suplementado com bagaço, serragem ou lignina purificada foram inoculados com as mesmas quantidades de células, para fins de comparação entre os resultados obtidos ao final dos experimentos. Os cultivos foram mantidos inicialmente a 30°C, na ausência de luz, durante três dias, etapa destinada ao estabelecimento inicial das colônias e formação das primeiras estruturas vegetativas. Após esse período, os Erlenmeyers foram transferidos para condições ambientais de luz e temperatura, permanecendo assim por mais sete dias. Somente após esse período total de dez dias as culturas foram avaliadas quanto à formação de hifas aéreas e conídios, possibilitando determinar se a presença dos diferentes substratos interfere na transição entre crescimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo.

3.2.4 Padronização das culturas líquidas e obtenção de secretomas

Para estudar os componentes extracelulares secretados pelo fungo (secretoma) foram preparadas culturas líquidas em VM suplementado com sacarose (controle), bagaço, serragem e lignina purificada. Cada Erlenmeyer de 250 mL recebeu 100 mL de meio e foi inoculado com as mesmas quantidades de células e as culturas foram mantidas a 30 °C e agitação de 250 rpm por até 28 dias, condições que favorecem a liberação de enzimas extracelulares associadas à degradação lignocelulósica. Em diferentes tempos de cultivo, foram coletadas amostras contendo tanto o meio quanto o micélio, respeitando-se a proporção de não ultrapassar em 10%

o volume final de alíquotas coletadas em relação ao volume inicial de meio de cultivo, para que não ocasionasse nas culturas, estresse por escassez de nutrientes. Ao final do período, os meios foram separados por filtração e armazenados como fontes de proteínas secretadas, enquanto os micélios foram congelados a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e reservados para extração futura de ácidos nucleicos destinados a análises de expressão gênica via qPCR.

3.2.5 Obtenção das proteínas secretadas

Após a remoção dos resíduos de biomassa e micélio, o sobrenadante contendo as proteínas secretadas foi estabilizado com solução tampão suplementada com inibidores de proteases e 2% de glicerol. As amostras foram congeladas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, posteriormente, quantificadas utilizando os métodos clássicos de Hartree e Bradford, ambos com albumina sérica bovina como padrão, permitindo expressar o teor proteico total em mg mL^{-1} .

3.2.6 Teste de Benedict

A determinação da presença de açúcares redutores nos substratos vegetais foi realizada por meio do teste de Benedict, cuja reação é baseada na redução de íons cúpricos (Cu^{2+}) a íons cuprosos (Cu^{+}), gerando precipitado amarelo a alaranjado. Após autoclavagem dos meios contendo bagaço ou serragem, alíquotas de 1 mL foram filtradas e misturadas ao reagente de Benedict, sendo aquecidas em banho-maria por cinco minutos. A coloração resultante permitiu identificar a liberação de monossacarídeos e oligossacarídeos oriundos dos tratamentos térmicos.

Para verificar a presença de açúcares não redutores, como a sacarose remanescente, as amostras foram previamente hidrolisadas com ácido sulfúrico concentrado, neutralizadas com NaOH e submetidas novamente ao teste, possibilitando uma avaliação completa do conteúdo de carboidratos liberados pelos substratos vegetais.

3.2.7 Precipitação das proteínas totais com ácido tricloroacético (TCA) e acetona

Por se tratar de amostras de secretoma onde a quantidade de proteínas totais pode variar, as proteínas totais nas amostras foram primeiramente precipitadas, utilizando o método de TCA-acetona.

3.2.8 Análise do secretoma

As análises proteômicas demandaram preparação rigorosa das amostras, incluindo tratamento prévio das vidrarias com metanol e uso exclusivo de água Milli-Q, a fim de evitar contaminações por queratina humana. Após concentração das proteínas, as amostras foram processadas tanto por SDS-PAGE quanto por 2D-PAGE, permitindo mapear mudanças no perfil proteico secretado de acordo com a fonte de carbono utilizada.

3.2.9 SDS-PAGE e 2D-PAGE

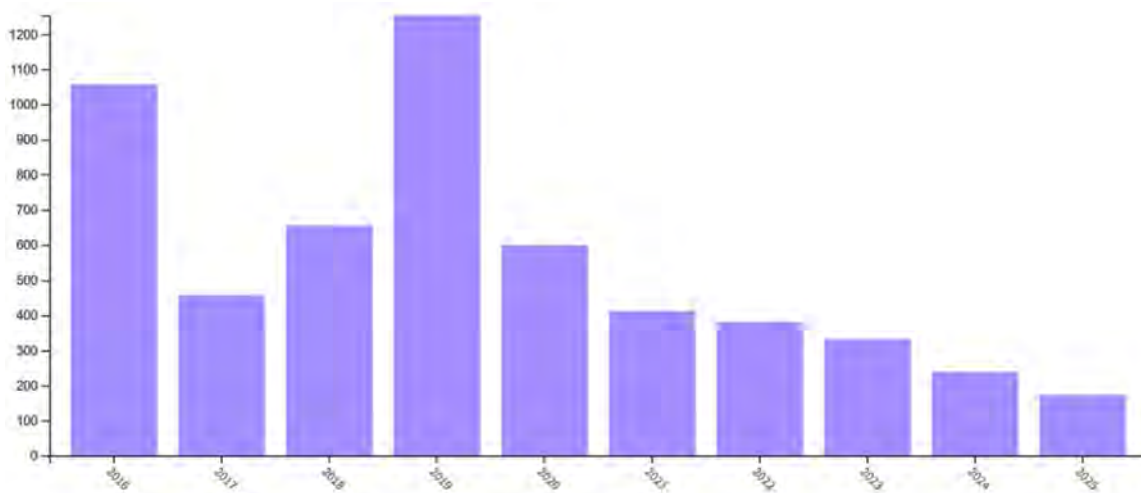
As proteínas secretadas foram inicialmente separadas por SDS-PAGE utilizando géis de 12% em condições desnaturantes, e reveladas com Coomassie ou prata, permitindo a visualização qualitativa das bandas. Na análise bidimensional, as proteínas foram filtradas em membrana inerte, concentradas e quantificadas pelo método de cobre residual. Em seguida, foram submetidas à focalização isoelétrica com gradiente linear de pH 3-10, seguidas da segunda dimensão em gel SDS-PAGE 12,5%. As etapas de redução, alquilação e revelação permitiram mapear isoformas, variações de ponto isoelétrico e massas moleculares, compondo um panorama detalhado do secretoma associado à degradação de lignina e outros substratos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS USADOS NESTE TRABALHO

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para atingir os objetivos estabelecidos para este TCC, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica extensa, começando pela Dissertação base, simultânea à busca de artigos científicos sobre o uso de *N. crassa*, uso de fungos de modo geral em processos biotecnológicos e biocombustíveis, para maior entendimento da pesquisa alvo. Os dados levantados, além de comporem a introdução e os resultados deste trabalho, serviram como base teórica para a construção e aplicação do TDC, e estão disponíveis nas referências deste trabalho. As bases de dados utilizadas no levantamento bibliográfico foram sites renomados de busca de periódicos científicos, tais como Web of Science™, ScienceDirect®, Nature, Google Scholar, SciELO e dentre outros. O levantamento bibliográfico foi restringido à publicações sobre o tema, realizadas nos últimos dez anos.

4.1.1 Recorte dos últimos dez anos (2016-2025)



Fonte: Disponível no site Web of Science™. Data de acesso: 06/11/2025.

Figura 5. Citações de *N. crassa* nos últimos 10 anos. No eixo das coordenadas, encontra-se a distribuição das publicações citando o fungo *N. crassa* ao longo dos 10 anos. No eixo das abcissas, estão relacionados os números de publicações encontrados.

A Fig. 5, retirada do site Web of Science™, criada a partir do recorte da quantidade de citações de *N. crassa* de 2016 a 2025, revela que a pesquisa utilizando este organismo modelo ainda prevalece, mesmo depois da resolução do seu genoma, revelando seu potencial biotecnológico. Apesar do registro de uso deste

microrganismo datar de meados do ano de 1800, sendo observada por padeiros franceses, a *N. crassa* foi descrita somente em 1843 por Payen e formalizada por Dodge e Shear em 1927. Por se tratar um organismo modelo consolidado, é justificável essa média de produções anuais, já que pode ser utilizada para diversas áreas da biologia, genética até biocombustíveis.

4.2 ELABORANDO UM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Para a confecção do TDC, foi utilizado o referencial teórico adquirido ao longo da minha participação no grupo PET-QUÍMICA do IQAr-UNESP. Durante mais de dois anos de atuação, desenvolvi experiência na elaboração de TDCs, contribuindo com diferentes produções e com uma submissão ao repositório da universidade. Todo o conhecimento passado foi fundamentado nos conceitos de Primo (2023), que discute todo processo criativo e intelectual da produção de textos de divulgação científica em química. Para este trabalho, o TDC foi dividido em:

- Capa: Com Imagem e manchete chamativa;
- Lide: Apresentação do Tema, contexto e Informações Básicas
- Desenvolvimento I e II: Divulgação da informação contida na pesquisa, contando com box explicativos e comparações com situações/materiais do dia a dia;
- Conclusão/Projeção da Descoberta: Fechamento do texto com chamada para o leitor visando a aproximação e criação de interesse no tema.
- A construção visual e textual do TDC foi realizada inteiramente pela plataforma CANVA, com intuito de deixar a produção em estilo profissional e atrativo para o público alvo.

Foi escolhido então, uma pesquisa do laboratório LBqMBM, coordenado pela Profa. F. Z. Freitas, utilizando o fungo *Neurospora* e seu potencial biotecnológico na produção de biocombustíveis, que chama atenção do público alvo por trabalhar com materiais do dia a dia, como combustível, o bagaço da cana e até fungos, que atualmente estão em alta devido ao sucesso da série de televisão inspirada no jogo eletrônico *The Last of Us*, uma ficção científica que traz um cenário pós apocalíptico por consequência de uma pandemia fúngica. Todos esses elementos geram uma conexão entre o texto e o leitor, provocando um maior interesse do público alvo (alunos do EM) e um melhor entendimento do conteúdo Primo (2023).

4.2.1 Estruturação Textual

4.2.1.1 Conteúdo

Primo (2023) descreve detalhadamente o processo de elaboração textual do TDC, disponibilizando uma tabela que serve como fluxograma para a inspiração e criação do texto. Com base em seu material, a construção de um TDC integra ensino, pesquisa e extensão, seguindo um processo que envolve diversas etapas. Esse material é composto por duas partes: **Conteúdo** e **Forma**. Nas Fig. 6 e 7 encontra-se as tabelas usadas de **base teórica** para a elaboração do *conteúdo* de um TDC. O processo inicia-se com a seleção do conteúdo, um artigo científico base, de acordo com a relevância do tema para o público-alvo, etapa que exige postura investigativa e analítica por parte do divulgador, que deve compreender os conceitos, métodos e resultados apresentados, indo além de uma leitura superficial.

Continuando, Primo (2023) explica a importância de se explorar a pesquisa, suas condições e limitações, levantando questões sobre os debates possíveis e a definição de uma abordagem para o texto, finalizando com algumas considerações. Analisando a abordagem descrita, percebe-se que o processo para elaboração do TDC representa um desafio de desenvolvimento para o autor, sendo um caminho de aprendizagem com impactos positivos em sua visão crítica. Esses apontamentos foram fundamentais para nortear e estruturar o texto do TDC construído, que também já se provou efetivo nas produções feitas pelo grupo PET-QUÍMICA.

Figuras 6 e 7. Tabelas retiradas da dissertação de Primo (2023) para elaboração textual de um Texto de Divulgação Científico.

DECODIFICAÇÃO TEXTUAL	
Conceitos fundamentais do texto base <i>Liste todos os conceitos e técnicas envolvidos no(s) texto(s)-base</i>	
Seleção dos conceitos <i>De todos os conceitos e técnicas listados acima, selecione aqueles que serão abordados no seu TDC.</i> <i>Lembre-se que os conceitos escolhidos devem estar bem articulados em uma sequência lógica e deve-se escolher somente os que vocês julgarem fundamentais para o entendimento do texto: a ideia não é esgotar a temática!</i>	
PRODUÇÃO DO TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	
ESTRUTURAÇÃO DO TEXTO - CONTEÚDO	
Tema Geral <i>Qual é a ciência envolvida?</i>	
Tema específico <i>Qual será o enfoque dado ao tema geral para abordar no TDC?</i>	
Conhecimentos tácitos?	

Quais são os conhecimentos "pré-requisitos" para o entendimento do seu TDC?		Funcionamento Institucional da ciência <i>Controvérsias científicas, a diversidade de idéias, a necessidade de debate público sobre descobertas ou aplicações tecnológicas e as relações entre os processos da ciência e seus produtos</i>
Tópicos <i>Selecione de 3 a 5 informações que serão abordadas no TDC</i> <i>Dica: Pensem em uma forma de "costurar" os tópicos! Busque formas de ligar os conteúdos e fazer mais sentido o seu texto!</i>	• Informação 1:	Abordagem e contexto <i>Qual será a abordagem utilizada para tratar as questões científicas? (econômica, sociocultural, histórica, ambiental, tecnológica?)</i>
	• Informação 2:	
	• Informação 3:	
	• Informação 4:	
	• Informação 5:	
Procedimentos internos da ciência	Explore a Ciência envolvida <i>i. Escolha da pesquisa;</i> <i>ii. Breve descrição sobre a pesquisa;</i> <i>iii. Sequência da pesquisa (Quantas etapas? Quais? Tempo demandado?)</i>	Considerações finais <i>i. Quais são as contribuições da pesquisa para a sociedade, meio ambiente, economia e/ou saúde do país/mundo?</i> <i>ii. Destacar a importância da pesquisa para o desenvolvimento da ciência</i>
	Condições de trabalho <i>i. Apresentar o nome do grupo de pesquisa e o Instituto responsável;</i> <i>ii. Quais e quantos pesquisadores (em média) estão envolvidos;</i> <i>iii. Equipamentos;</i> <i>iv. Investimento, parcerias realizadas (outros grupos, institutos, etc.)</i>	
	Limitações da pesquisa <i>Discutir as dificuldades/obstáculos encontrados pelos pesquisadores</i>	

Fonte: Primo (2023).

4.2.1.2 Forma

Como dito anteriormente, Primo (2023) também entra no mérito da *forma* do TDC como um todo, levantando tópicos sobre estrutura, linguagem, recursos visuais e textuais. Novamente as tabelas fornecidas serviram como guia na confecção, por se tratarem de um material completo e autoexplicativo, sendo perfeito para o caso em que a divulgação vem de um bacharel (Fig. 8).

Figura 8. Tabela retirada da dissertação de PRIMO: forma de um TDC

Estrutura	Lembre-se que a escolha do título é essencial para um TDC - O título deve ser uma frase curta e condizente com a essência do tema - Deve instigar o leitor e provocar a vontade de ler o texto <i>Sugestão: Deixe para elaborar o título no final da escrita do texto e use a criatividade!</i>
	Cuidado para não espantar o leitor - Evite aberturas com textos muito longos ou muito genéricos. - Evite o uso de muitas fórmulas matemáticas e muitas equações químicas (use somente quando imprescindível) - Um TDC geralmente possui, no máximo, 5-6 páginas e as informações podem estar divididas em "subtítulos" com ilustrações.
	É importante que o TDC tenha uma conclusão - Levante perspectivas futuras e deixe claro se a pesquisa ou estudo ainda está em desenvolvimento. - Levante questões sem respostas (lacunas do conhecimento). - Mostre os impactos da pesquisa: quais são as consequências ou influências no cotidiano do leitor, seja no meio ambiente, economia e/ou saúde do país/mundo?
	Não se esqueça das referências bibliográficas - Não se esqueça dos direitos autorais das figuras, imagens, tabelas, etc. (caso se aplique) - Adicione as referências ao final do texto (explorar hiperlinks).
Linguagem	Lembre-se que a linguagem deve ser acessível e o seu público-alvo não é especialista O texto deve ser interessante e despertar o interesse pela Ciência envolvida! - Apresente fenômenos e curiosidades que motivem a reflexão do leitor sobre o assunto; - Explique os conceitos indiretamente envolvidos, mas que são necessários para compreensão da pesquisa em espaços diferenciados (em balões, boxes de informações, etc) <i>Ao explicar um conteúdo químico, faça o uso de procedimentos explicativos</i>

Fonte: PRIMO (2023)

No material, destaca-se a importância de títulos curtos e instigantes, textos acessíveis e conclusões que indiquem impactos e perspectivas. A linguagem deve ser direta, com uso de analogias para termos científicos mais complexos, tomando cuidado com obstáculos epistemológicos. Bachelard (1947 apud Lopes, 1993) denomina de obstáculo epistemológico: entraves que impedem o aluno de compreender o conhecimento científico. A aprendizagem de um novo conhecimento é um processo de mudança de cultura, sendo necessário, para tal, que suplantemos os obstáculos epistemológicos existentes nos conhecimentos prévios do aluno. (Lopes, 1993). O TDC não segue uma estrutura rígida, mas deve manter coerência e progressão lógica. Além disso, o uso de imagens, gráficos e recursos textuais é essencial para tornar o conteúdo mais compreensível e atrativo. O conjunto de todas essas informações, tanto de conteúdo e forma, provém um caminho seguro para elaboração de um ótimo texto.

4.3 APLICAÇÃO DO TDC

4.3.1 Metodologia utilizada

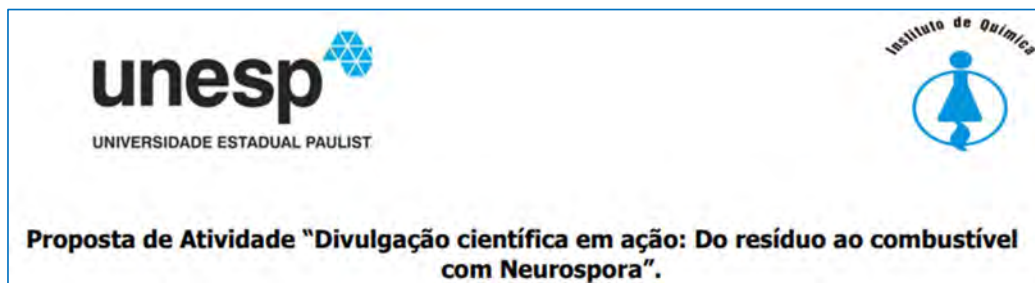
Após a utilização do método descrito anteriormente, o TDC foi revisado pela minha orientadora, a Profa. Dra. Fernanda Zanolli Freitas e finalizado. A partir daí, o próximo objetivo era abordar e escolher uma escola da rede pública para poder realizar a aplicação deste material. Devido ao histórico de parcerias entre as escolas públicas e os cursos da UNESP de Araraquara, SP e a necessidade de trazer um conteúdo que estimulasse o lado científico dos alunos perante o atual cenário do EM público brasileiro, foi escolhida a Escola Estadual Jardim dos Oitis, localizada no bairro de Jardim Sao Rafael II, região periférica de Araraquara (Fig 9).



Fonte: Google Maps Streetview: E.E Jardim dos Oitis.

Figura 9. Entrada da E.E. Jardim dos Oitis, retirada do Google Maps. Acesso no dia 10/11/2025.

Para realizar a atividade, foi feita uma proposta, formalizada em documento, com um roteiro (Arquivo completo em Apêndice), cujo cabeçalho encontra-se abaixo (Fig. 10).

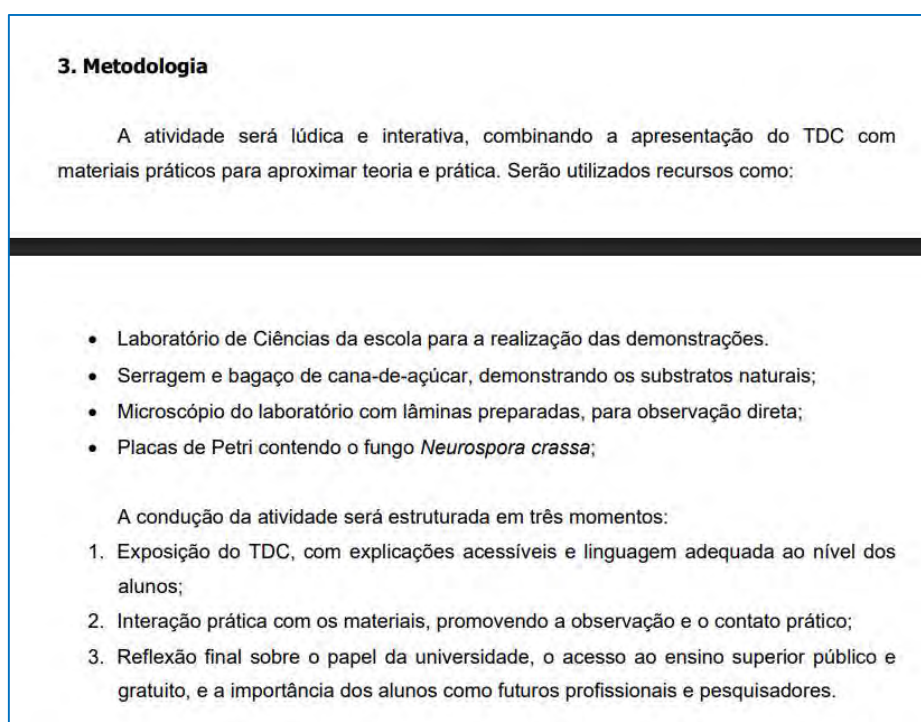


Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 10. Cabeçalho da Folha de Proposta enviada para a coordenação da E.E. Jardim Oitis.

A seção “metodologia” da proposta enviada (Fig. 11) descreve o “passo a passo” de como a atividade foi aplicada, com uma apresentação dividida em três momentos:

- Apresentação do TDC com materiais interativos;
- Momento de prática, com a confecção e observação de lâminas de microrganismo e leitura em microscópio, observação de materiais usados na pesquisa, etc.;
- Reflexão sobre o papel da universidade para os jovens e seu acesso.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 11. Seção Metodologia da proposta.

De acordo com a resposta da escola, a proposta encaixou com os conteúdos passados da área de ciências na matéria de itinerário, e por questões de disponibilidade de agenda e datas importantes como provão paulista, a atividade foi realizada com uma das turmas de 3º ano do ensino médio da E.E. Jardim dos Oitis.

Levando em conta o que foi discutido na introdução, a atividade foi pensada a partir do pensamento *freireano* de extensão dialógica, de forma à trazer o conhecimento científico para a realidade dos alunos, por meio da linguagem utilizada, momentos de participação ativa dos alunos, postura de apresentação (Roupas do dia a dia, com o objetivo de evitar usar jaleco e tirar essa visão de que a ciência pode ser produzida apenas com trajes complexos) e a reflexão final, trazendo uma discussão sobre o acesso ao ensino superior e como os alunos tem capacidade e possibilidade de ocupar esses espaços.

Como essa atividade se enquadra como um relato de caso, para entender a absorção dos alunos, a metodologia aplicada foram os *questionários* (Fig. 12), que foram **entregues no começo e ao final da atividade**, para mensurar o impacto da extensão sobre os alunos. Ambos continham perguntas para entender a visão dos alunos sobre o tema abordado e sobre a universidade e suas pesquisas, para entender um pouco sobre o que esses alunos estão vendo de conteúdo, tanto da parte de biologia e química, mas também sobre suas escolhas futuras, e se a entrada nas universidades está sendo promovida.

Para o objetivo do trabalho, esse instrumento de análise funciona, porém esses questionários do tipo opinião não podem ser classificados como afirmadores de resultados concretos. Portanto, é fundamental reconhecer as limitações inerentes a esse tipo de instrumento, já que não permitem afirmar, de forma objetiva e mensurável, a efetiva assimilação conceitual dos conteúdos científicos abordados, uma vez que as respostas estão fortemente associadas à percepção subjetiva dos participantes, ao interesse momentâneo e ao contexto social e emocional em que se encontram. Além disso, alguns fatores como desejo de agradar os aplicadores, dificuldade de expressão escrita e compreensão parcial das perguntas podem influenciar os resultados.

Apesar dessas limitações, a utilização de questionários pré e pós-teste constitui uma estratégia amplamente empregada em pesquisas em ensino e extensão universitária, especialmente quando o objetivo central é avaliar mudanças de percepção, interesse e atitude frente a determinados temas. No presente trabalho, a

comparação entre os dois momentos permitiu identificar indícios de ampliação do interesse dos alunos pela universidade pública, pela carreira científica e pela divulgação científica, ainda que tais resultados devam ser interpretados de maneira cautelosa. Assim, os questionários não são compreendidos como instrumentos afirmadores de resultados concretos ou definitivos, mas como ferramentas exploratórias que oferecem bases relevantes para a análise do impacto da atividade extensionista.

Logicamente, por ser uma experiência organizada por um aluno do bacharelado, essa metodologia ainda apresenta algumas falhas, porém o resultado final com certeza foi positivo, como será evidenciado nos resultados e na conclusão.

4. Questionário

Será aplicado um questionário no começo e ao final da atividade, buscando coletar informações sobre: Grau de compreensão do conteúdo apresentado, preferência entre a metodologia de ensino apresentada e o modelo de aula tradicional, impacto da atividade na motivação para seguir carreira científica, nível de conhecimento prévio e posterior sobre universidades públicas e seu acesso gratuito. Os dados obtidos serão analisados de forma qualitativa, integrando resultados e desenvolvimento do meu TCC. Todas as fotos tiradas no dia do evento passarão por uma curadoria para não mostrar o rosto de nenhum aluno ou professor, para evitar qualquer tipo de burocracia.

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 12. Seção “Questionários” da proposta.

É importante salientar que o presente trabalho se caracteriza como um *relato de experiência extensionista, desenvolvida na dimensão de um Trabalho de Conclusão de Curso* do Bacharelado em Química do IQAr-UNESP. A atividade teve como foco principal a produção e a aplicação de um TDC baseado em uma publicação acadêmica de autoria da orientadora deste TCC e com sua prévia autorização, com o objetivo primordial de aproximar estudantes do ensino médio dos conhecimentos de Bioquímica e do ambiente universitário, o que desvincula quaisquer especulações sobre plágio e sua caracterização. As ações realizadas aqui tiveram **finalidade exclusivamente educativa e extensionista**, e estão apresentadas de forma a não configurar “pesquisa científica com seres humanos”, conforme Resolução nº 510/2016, art. 1º, parágrafo único, incisos I e VII, do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Além disso, os questionários aplicados junto aos estudantes do EM tiveram

propósito formativo e avaliativo da atividade, **sem coleta de informações sensíveis, identificação pessoal ou exposição de qualquer participante. Todos os dados apresentados neste TCC são anônimos, agregados e desprovidos de qualquer elemento que permita identificação individual.**

4.3.2 Materiais para aplicação

Para o cumprimento da metodologia definida, os materiais utilizados foram:

- TDC Construído (Fig. 13);
- Apresentação – “Palestra na Escola” (Material construído em parceria com o PET-QUÍMICA) (Fig. 14);

Figura 13 – Capa do TDC elaborado. O material completo encontra-se em Apêndice.



Fonte: elaboradas pelo próprio autor

Figura 14. Slide de abertura do trabalho apresentado, intitulado “Palestra na Escola”



Fonte: elaboradas pelo próprio autor

- Questionários elaborados – autoria própria (**Inicial e Final**) (Fig. 15 e 16, questionário inicial, partes 1 e 2; e Fig. 17, questionário final);

Parte 1. Questionário Inicial.

Questionário Inicial
Conhecimentos sobre a universidade e pesquisas: 1. Você sabia que as universidades estaduais e federais são gratuitas? _____ _____ 2. Onde você acha que a maioria das pesquisas são realizadas? _____ _____ 3. Você sabia que dentro das universidades existem grupos de pesquisa, para o governo? _____ _____ 4. Você sabia que todos tem direito a ingressar nas universidades públicas e fazer parte desses grupos? _____ _____ 5. Você sabe o que é divulgação científica? _____ _____ Conhecimento sobre o tema: 1. Quantas vezes você já parou para pensar de onde vem os biocombustíveis? _____ _____ 2. Apesar do nome biocombustível, você tem ciência do impacto gerado pela sua produção com os métodos utilizados atualmente? _____ _____

Parte 2. Questionário inicial.

_____ _____ 3. Você sabe que os combustíveis fósseis são um recurso finito (Um dia vão acabar)? _____ _____ 4. Você tem conhecimento ou se interessa em fungos? Fale um pouco sobre o que você sabe. _____ _____ 5. Você já ouviu falar sobre Neurospora Crassa? _____ _____

Fonte: elaboradas pelo próprio autor.

Figuras 15 e 16 (Acima). Questionários INICIAL, aplicado aos alunos da escola pública (partes 1 e 2, respectivamente). Todas as coletas foram realizadas de forma anônima e com previa aprovação da direção da local.

Questionário Final

1. Você entendeu todo o conteúdo da atividade?

2. Você conhecia/se interessou com alguma informação passada hoje?

3. Você preferiria uma aula dessa em modelo clássico de lousa ou do jeito que foi apresentado hoje?

4. Você ficou com mais vontade de ingressar em alguma universidade ou perseguir a carreira científica?

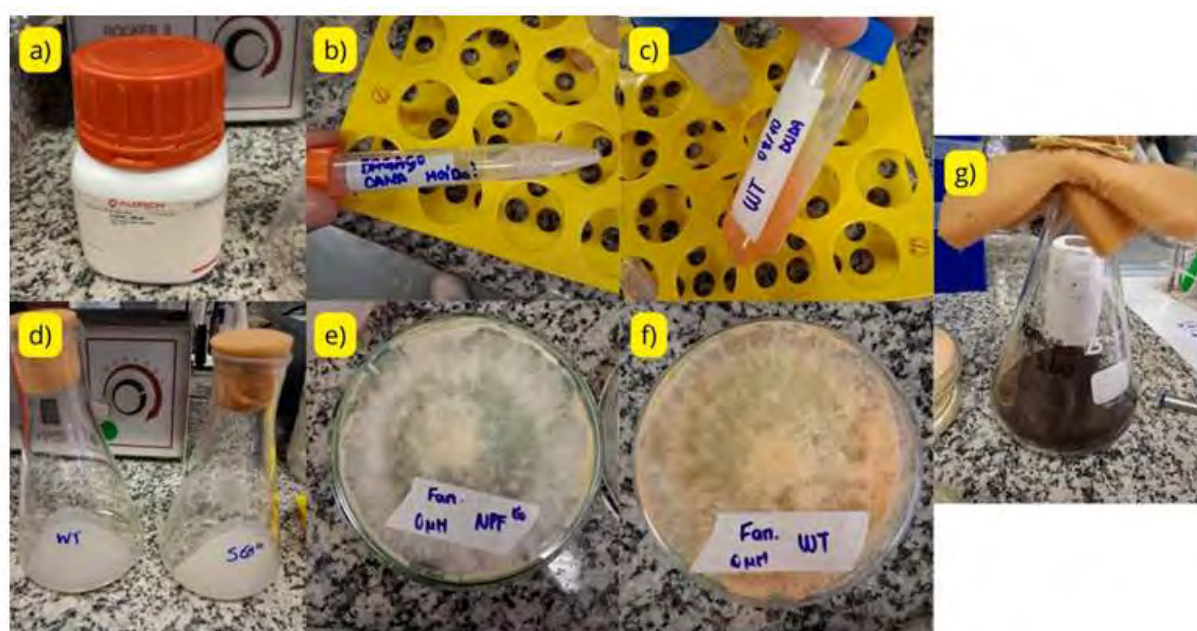
5. Agora que você entendeu um pouco sobre a divulgação científica, fale um pouco da sua importância e seu papel no mundo de hoje com tanta desinformação.

6. Críticas, sugestões ou elogios

Fonte: elaboradas pelo próprio autor.

Figura 17 (Abaixo). Questionário FINAL aplicado aos alunos da escola pública. Todas as coletas foram realizadas de forma anônima e com previa aprovação da direção da local.

- Materiais usados na **parte prática** da aplicação do TDC, preparados em parceria com o Laboratório de Pesquisa da docente orientadora LBqMBM (Fig. 18)



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 18. Materiais utilizados para o desenvolvimento da parte prática da aplicação do TDC na escola. Os materiais foram disponibilizados pelos alunos do Laboratório de Pesquisa LBqMBM. a) Lignina purificada (usada para mostrar aos alunos como é uma lignina fora da biomassa vegetal); b) bagaço de cana de açúcar moído (substrato de onde foram feitos os ensaios da Dissertação de Mestrado); c) Tubo Falcon contendo células do fungo *N. crassa* (para mostrar aos alunos como são os conídios, as estruturas de propagação assexuadas – celular primordial de onde os fungos desenvolvem o micélio); d) Culturas de *N. crassa*, amostras de linhagem selvagem (encontrada na natureza) e linhagem mutada (produzida em laboratório para fins de pesquisa – para explicar aos alunos como os fungos podem ser manipulados e estudados em ambiente acadêmico); e) e f) Placa de Petri contendo amostras de linhagem selvagem e linhagem mutada, respectivamente, para apresentar aos alunos as morfologias radiais das colônias formadas e suas diferenças morfológicas decorrentes de mutações propositas, para fins de pesquisa científica; g) Erlenmeyer contendo outro fungo de interesse biotecnológico, o *Aspergillus niger* (para mostrar aos alunos que existem fungos alternativos sendo usados em pesquisa e que este em específico, é aquele que aparece comumente em suas casas).

5 RESULTADOS ALCANÇADOS NESTE TCC

5.1 APRENDIZADO DA REVISAO BIBLIOGRAFICA

Foram vários os motivos que levaram a estudar a degradação de ligninas pelo fungo *N. crassa*. Em primeiro lugar, considerou-se que as ligninas representam uma grande fonte de carbono renovável de origem não carboidrato, que pode ser usada para a síntese de importantes biomoléculas de valor agregado. Em segundo lugar, pouco ainda se sabe sobre os processos biológicos envolvidos na degradação e/ou modificação das ligninas pelos fungos filamentosos e seu conhecimento deve trazer grandes benefícios para as indústrias como a têxtil e a de papel, facilitando processos de branqueamento de polpa de celulose para a confecção de papel ou linho, por exemplo. Ainda neste quesito, será possível identificar proteínas de interesse comercial associadas a processos de biorremediação ambiente. Ou seja, o conhecimento dos processos biológicos associados à degradação/modificação das ligninas possibilitaria a descoberta de proteínas de interesse comercial, as quais poderiam num futuro próximo, ser adicionadas a coquetéis enzimáticos com finalidades específicas, permitindo baratear linhas de produção, facilitar processos industriais e reduzir danos ambientais.

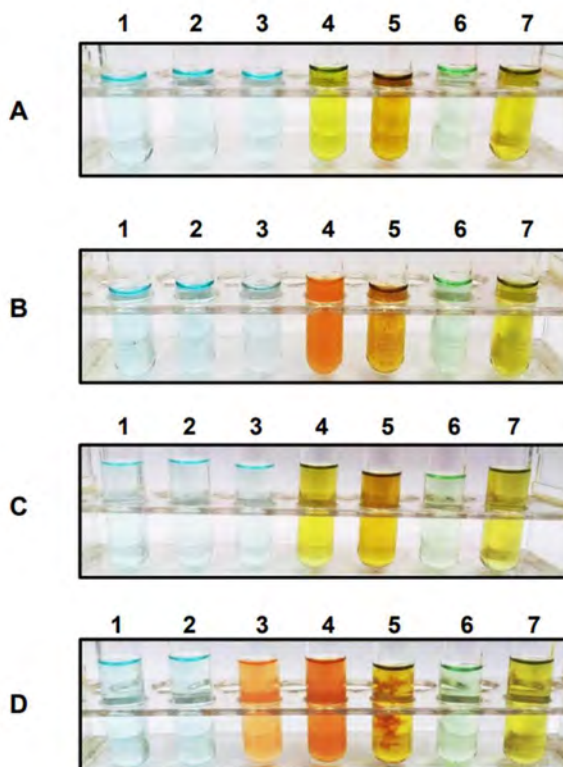
Em terceiro lugar, as ligninas possuem um grande potencial para serem convertidas em compostos fenólicos de alta importância industrial (LI et al., 2015). As principais diferenças entre o petróleo bruto (fonte de carbono não renovável) e as ligninas (fonte de carbono renovável) está em que o petróleo bruto é composto principalmente de cadeias de hidrocarbonetos contendo apenas átomos de carbono e hidrogênio (C_nH_{2n+2}), que são destilados para obter diferentes frações, utilizadas principalmente como combustíveis. Já a biomassa vegetal é composta por moléculas contendo carbono, hidrogênio e oxigênio e sua decomposição é, portanto, capaz de originar não só derivados semelhantes ao do petróleo, como também polímeros de natureza diversificada. A lignina é o único polímero disponível em grandes quantidades na natureza que fornece compostos aromáticos capazes de substituir aqueles produzidos pela indústria petroquímica, como os derivados da nafta.

A nafta é um composto químico formado por moléculas contendo entre 4 e 8 carbonos, que pode ser processada dando diferentes derivados, tais como o etileno, propileno, butadieno, e os aromáticos como benzeno (C_6H_6), tolueno, estireno e meta-

xileno. O grande desafio está em separar a lignina da biomassa vegetal, já que este polímero se encontra misturado às células vegetais de maneira bastante íntima. Além disso, a estrutura e a composição química da lignina variam bastante entre as diferentes espécies vegetais, aumentando muito a complexidade do processamento de lignina e reduzindo sua aplicação nos processos industriais em consequência desta dificuldade inerente (Ragauskas Et Al., 2014; Constant Et Al., 2016). Em geral, os métodos utilizados para extrair a lignina da matéria-prima lignocelulósica são o processamento enzimático, o método Klason, o processo Kraft, organossolventes e pré-tratamentos seletivos com líquidos iônicos (Upton; Kasko, 2016; Sathitsuksanoh Et Al., 2014; Karimi; Taherzadeh, 2016).

E em quarto lugar, que *N. crassa* degrada biomassa vegetal de maneira eficiente, junto com a presença de genes codificando proteínas com prováveis atividades lacase, peroxidase, peroxidase descolorante e prováveis oxidoredutases acessórias, tornaram *N. crassa* bastante atrativa sob o ponto de vista biotecnológico. Não pela quantidade de enzimas que são secretadas pelo fungo e que são capazes de degradar a parede celular vegetal, mas pela variedade de prováveis enzimas com funções associadas à esta atividade de degradação e/ou modificação. Existem ainda muitas ORFs não anotadas.

Primeiramente foi analisado a capacidade de *N. crassa* em utilizar as biomassas vegetais escolhidas como fontes alternativas de carbono, por meio de ensaios de crescimento do fungo nos diferentes substratos, tratados ou não com ácido e/ou calor. Por se tratar de substratos provenientes de plantas que naturalmente também contém carboidratos de natureza simples disponíveis como fonte de carbono para o crescimento do fungo, analisamos os substratos de maneira qualitativa, para a presença de açúcares redutores. Para isto, os meios de cultivo adicionados dos diferentes substratos, tratados ou não, foram preparados, autoclavado e testados para a presença de açúcares. Como controle negativo para este experimento, utilizou-se o meio VM sem adição de fonte de carbono e água. Para determinar a presença de açúcares totais nas amostras dos substratos, o teste de Benedict também foi realizado utilizando os substratos hidrolisados com H_2SO_4 .



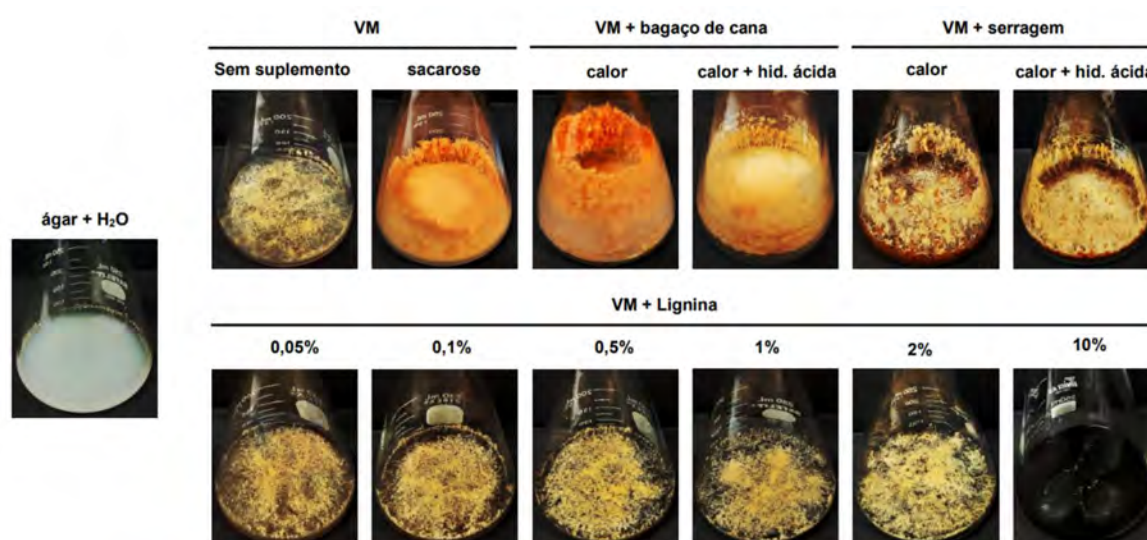
Fonte: elaborada por SILVA, 2019.

Figura 19. Teste de Benedict para testar a presença de açúcares redutores nas amostras. Este mesmo ensaio é aplicado durante as aulas práticas aos alunos de graduação dos Cursos de Química do IQAr-UNESP, nas disciplinas Práticas de Bioquímica, revelando que os conhecimentos básicos adquiridos durante o curso de graduação podem ser amplamente utilizados no cotidiano científico. **A-** Amostras ensaiadas para teste de Benedict antes do tratamento por fervura; **B-** amostras ensaiadas para o teste de Benedict, após tratamento por fervura; **C-** amostras ensaiadas para teste de Benedict após tratamento com H_2SO_4 ; **D-** amostras ensaiadas para teste de Benedict após tratamento por fervura seguido de hidrólise ácida com H_2SO_4 . Linhas **1)** água destilada (controle); **2)** meio VM sem fonte de C; **3)** meio VM adicionado de 2% sacarose (naturalmente a fonte de C adicionada ao meio de cultivo para *N. crassa*); **4)** meio VM adicionado de bagaço de cana tratado com calor; **5)** meio VM adicionado de serragem tratado com calor; **6)** meio VM adicionado de bagaço de cana tratado com calor e hidrólise ácida; **7)** meio VM adicionado de serragem tratado com calor.

Primeiramente o teste foi realizado sem hidrólise ácida dos meios de cultivo com H_2SO_4 . Comparando os resultados, nota-se uma mudança de cor após a fervura em banho-maria na presença do reagente de Benedict apenas nos tubos contendo bagaço de cana e serragem tratados com calor, com uma coloração laranja intensa no tubo referente à cana tratada com calor e apenas alguns precipitados alaranjados no tubo contendo serragem. Os prováveis dissacarídeos não redutores foram então hidrolisados na presença do ácido forte e as amostras de meio tratadas foram novamente testadas para a presença de açúcares redutores. Comparando-se as colorações, observa-se que o tubo contendo meio de cultivo adicionado de sacarose também adquiriu coloração alaranjada após a fervura em banho-maria na presença do reagente de Benedict, indicando que a sacarose foi hidrolisada e convertida a

glicose e frutose, reduzindo os íons cúpricos Cu^{2+} presentes no reagente de Benedict a íons cuprosos Cu^+ . Observando os resultados, nota-se a presença de monossacarídeos mesmo antes da adição do H_2SO_4 , provavelmente pelo fato das biomassas terem sofrido hidrólise de uma pequena parte de oligos e polissacarídeos, gerando açúcares de fácil assimilação como glicose, xilose, arabinose, entre outros, presentes nas cadeias de carboidratos mais complexos como da celulose e hemiceluloses.

A capacidade de *N. crassa* em crescer nas diferentes fontes de carbono mencionadas também foi analisada em SILVA (2019) (Fig. 20). Os resultados mostraram que o fungo cresce bem na presença de bagaço de cana e serragem e também consegue usar como única fonte de C para crescer, a lignina purificada – um resultado bastante interessante, dado que lignina é altamente recalcitrante e substituída, exigindo uma grande quantidade de enzimas envolvidas em sua desconstrução. Uma vez que o objetivo geral da pesquisa de SILVA (2019) era determinar o secretoma de *Neurospora* em biomassa e descobrir enzimas relacionadas especificamente à desconstrução da lignina, o crescimento do fungo em lignina pura foi usado na determinação do secretoma do fungo. Como os dados obtidos pelo grupo de pesquisa são possíveis de serem patenteados, os mesmos não serão apresentados aqui e permanecem protegidos por confidencialidade.



Fonte: elaborada por SILVA (2019).

Figura 20. Análise de crescimento de *Neurospora* em diferentes fontes de C.

5.2 TDC: APLICAÇÃO E RESULTADOS

O processo de elaboração do Texto de Divulgação Científica (TDC) resultou em um produto final que sintetiza, de forma acessível, os principais conteúdos bioquímicos e microbiológicos discutidos na pesquisa “Identificação do secretoma lignolítico de *N. crassa* envolvido na desconstrução da parede celular vegetal”. A partir da metodologia apresentada, a construção textual seguiu integralmente os princípios propostos por Primo (2023), que orientam o divulgador desde a seleção crítica do conteúdo científico até a incorporação de recursos comunicativos capazes de estabelecer diálogo com o leitor. O TDC foi revisado e corrigido pela orientadora deste trabalho, a Profa. Dra. Fernanda, antes da sua aplicação, validando a parte teórica do texto. Para maior validação do TDC, a fim de uma aplicação mais generalista (Como uma aplicação em uma revista especializada de divulgação científica), seria fundamental uma equipe multidisciplinar, contendo especialistas tanto da parte bioquímica quanto da divulgação.

O TDC finalizado organizou-se em etapas que visam a progressão lógica da leitura: capa ilustrada e chamativa, lide com contextualização inicial, dois blocos de desenvolvimento contendo explicações científicas acompanhadas de comparações com o cotidiano, além de uma conclusão que tem como objetivo estabelecer pontes entre ciência, sociedade e futuro. A diagramação realizada no Canva contribuiu para conferir identidade visual profissional ao material, o que se mostrou essencial para engajar leitores jovens. A escolha do tema, a relação entre fungos, biomassa vegetal e produção de biocombustíveis, também se refletiu como um diferencial relevante, pois explora elementos reconhecidos pelos estudantes, como combustíveis, resíduos agrícolas e até representações culturais recentes de fungos na mídia de entretenimento. A seguir, uma amostra do trabalho elaborado.

Figura 21. Capa do TDC, contendo o título e a manchete em destaque. Parte 1. Capa. Partes 2 e 3, páginas 2 e 3, respectivamente.



Parte 1. Capa

Título: *Neurospora crassa* como ferramenta biotecnológica: uma alternativa sustentável para a conversão de resíduos vegetais em biocombustíveis

Manchete: Entenda como um fungo que cresce até no pão pode contribuir para superar os desafios da degradação da lignina na valorização da biomassa vegetal



Parte 2. Pagina 2

Fonte: elaborada pelo autor.



A aplicação do TDC na Escola Estadual Jardim dos Oitis marcou a etapa central desta extensão. Conforme descrito na metodologia, três momentos estruturaram a atividade: apresentação do TDC, prática laboratorial com observação microscópica (Fig. 22) e uma conversa final sobre universidade e trajetórias acadêmicas. A escolha da escola, já integrada historicamente com ações da UNESP, favoreceu a execução da atividade. Os materiais preparados: Questionários, preparo de lâminas na hora, cultivos de *Neurospora*, amostras de lignina e bagaço de cana, além da apresentação digital, facilitaram a conversa e geraram um interesse inicial pela parte dos alunos.

Se tratando de um relato de caso e seguindo os fundamentos da extensão dialógica, a análise dos questionários inicial e final será feita pensando em toda a discussão feita sobre as limitações desse instrumento. Ao total, 9 questionários foram aplicados, e alguns foram levados pelos estudantes.

Em um diagnóstico inicial, percebeu-se que temas como lignina, biodegradação, fungos filamentosos ou biocombustíveis eram pouco familiares a maior parte da turma. O TDC, ao apresentar esses conceitos por meio de analogias, exemplos cotidianos e imagens explicativas, tenta gerar um impacto no entendimento desses temas. Qualitativamente falando e baseado nas respostas do questionário final, não é possível afirmar de fato o nível desse impacto, por se tratar de relatos

subjetivos. Porém, é possível afirmar que a atividade teve vários pontos positivos, como o interesse dos alunos, discussões sobre conhecimentos científicos, conteúdos que são cobrados em vestibulares, experiência de um experimento de laboratório em um contexto que essas atividades estão cada vez mais escassas e entre outros.

Portanto, além do ganho conceitual, a atividade produziu resultados qualitativos interessantes. A interação no momento prático mostrou grande entusiasmo dos alunos ao observarem microrganismos ao microscópio e manipularem materiais reais de laboratório, o que instiga a curiosidade por áreas como microbiologia e química, e isso é importante não apenas para os alunos que se familiarizam com essas áreas, mas também para a construção de saberes multidisciplinares, e a atividade se categoriza como um pontapé inicial para a busca desses objetivos. A conversa final sobre o mundo universitário evidenciou dúvidas e inseguranças comuns entre estudantes da rede pública, reforçando a importância de ações que aproximem a pesquisa acadêmica do cotidiano escolar.

Pode-se dizer que a tentativa de aplicar uma atividade extensionista com caráter dialógico, realizada por um estudante de bacharelado, mostrou-se válida e pertinente. Um dos objetivos deste trabalho é, justamente, incentivar a realização de mais iniciativas desse tipo, promovendo uma reflexão sobre o papel do cientista e sobre sua formação, que muitas vezes ainda está associada a uma visão mais tradicional e restrita da ciência. Além disso, destaca-se o compromisso da universidade pública (E das pessoas que a compõem) com a sociedade, uma vez que o conhecimento produzido e as pesquisas desenvolvidas só são possíveis graças ao financiamento indireto proveniente dos impostos pagos pela população.

A**B**

Fonte: elaborada pelo autor.

Figuras 22. Aplicação da parte pratica do TDC aos alunos de ensino médio da escola estadual. Registrados do dia da apresentação. Para garantir o anonimato, as faces dos integrantes foram descaracterizadas. **A.** Aplicação do TDC. **B.** Aplicação da parte prática do TDC.

Quadro 1 – Questionário Inicial

Questão	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8
1	Não	Antes não, agora sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim
2	Não Sei	Longos Estudos	Bibliotecas e Sites confiáveis	Em universidades	Nos Laboratórios	No google ou sites no geral	Em Laboratórios	Em Laboratórios
3	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
4	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim
5	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não
6	Uma	Uma	Nunca	Poucas	Nunca	Nunca	Poucas	Nunca
7	Acho que sim	Não muito	Sim	Sim	Nunca	Não	Sim	Não
8	Sim, algum dia vai acabar	Eu tenho essa teoria de que um dia irão acabar	Sim	Sim	Acho que sim	Sim	Sim	Não
9	Não sei muito, mas sei de um que consome animais como no <i>TheLastofUS</i>	Já ouvi bastante sobre fungo, mas nunca tive interesse	Não	Não me interesse muito	Gosto já vi em séries	É uma bactéria	Sim, fungos podem se procriar em hospedeiros	Não
10	Não	Não	Não	Não	Nunca	Não	Não, mas imagino que deve ser algum tipo de fungo ou parasita	Não

Quadro 2 – Questionário Final

Questão	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8
1	Pouco	Entendi, mais ou menos, pois tenho dificuldade nesse tema	Sim	Sim	Sim, foi muito claro	Sim	Sim, gostei muito	Sim
2	Não	Me interessei sobre as universidades	Não	Sim, gostei do fungo	Gostei bastante e vou procurar saber mais	Sim e muito	Já conhecia	Não
3	Ambos os dois	Preferi assim	Do jeito apresentado hoje	Do jeito apresentado hoje	Desse jeito é bem melhor	Do jeito apresentado hoje	Desse jeito	Desse jeito
4	Não	Eu tenho vontade de ingressar em uma universidade	Não	Sim	Sim, vou prestar UNESP ano que vem	Até que sim mas não seria algo que eu levaria pra frente	Sim bastante	Sim
5	Um pouco	Bom eu trabalho, mas penso em prestar vestibular	Sim	Linguagem fácil e ter conhecimento	Entendi que é bastante importante		Imagino que é muito importante para o combate a desinformação	Muito importante
6	Muito Massa	Gostei da explicação e dos conteúdos	Os cara são gente boa e muito inteligentes	Está ótimo	Os moços foram bastante atenciosos inteligentes	Muito legal a aula e o moço explicou muito bem	Gostei muito mesmo, eu amo biologia	Muito legal

6 CONCLUSÃO

Em vista do trabalho apresentado, pode-se concluir que a metodologia de revisão juntamente com a construção do TDC foi efetiva e gerou frutos tanto da parte acadêmica quanto extensionista. Os resultados confirmam que o TDC cumpriu os objetivos propostos: Sintetizou a pesquisa de maneira acessível, foi aplicado no contexto escolar, gerou engajamento e contribuiu para um impacto na distância entre a universidade e a turma de ensino médio público. A análise dos questionários e das interações observadas nesse relato de caso, demonstra que ações de divulgação científica, quando articuladas à extensão universitária, possuem potencial significativo para promover compreensão, interesse e valorização da ciência, ainda mais se aliadas com instrumentos de análises mais consolidados e revisões multidisciplinares.

O conjunto dessas discussões evidencia que a atividade se consolidou como um relato extensionista positivo, alinhado à indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, e capaz de demonstrar, na prática, como a produção científica pode ser transformada em instrumento de formação e de promoção à democratização do conhecimento.

REFERÊNCIAS

AGGER, J., et. al. Enzymatic xylose release from pretreated corn bran arabinoxylan: differential effects of deacetylation and deferuloylation on insoluble and soluble substrate fractions. **J Agric Food Chem**, v. 58, p. 6141 - 6148, 2010.

AGRAWAL, A; KAUSHIK, N; BISWAS, S. Derivatives & Applications of Lignin – An Insight. **The Scitech Journal**. v. 01 (7), p. 30-36, 2014.

ADSUL, M. G. et al. Development of biocatalysts for production of commodity chemicals from lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 6, p. 4304-4312, 2011.

ALVAREZ, C. et al. Enzymatic hydrolysis of biomass from wood. **Microbial. biotech.** v.9, p. 149 - 156, 2016.

ANDER, P.; MARZULLO L. Sugar oxireductases and veratryl alc

ANDERSEN, M. R. et al... A trispecies *Aspergillus* microarray: comparative transcriptomics of three *Aspergillus* species. **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 105, p. 4387 - 4392, 2008

ARANTES, V.; SADDLER, J.N. Access to cellulose limits the efficiency of enzymatic hydrolysis: the role of amorphogenesis. **Biotechnol Biofuels**, v.3, n.4, 2010.

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: **Contraponto**, 1996.

BANERJEE, G. et al. Improving enzymes for biomass conversion: a basic research perspective. **Bioenergy Research**. v. 3, p. 82-92, 2010.

BEESON, W. T. et al. Oxidative cleavage of cellulose by fungal copper-dependent polysaccharide monooxygenases. **J. Am. Chem. Soc.** v. 134, p. 890 - 892, 2012.

BLANCHETTE, R. A. et al. Biodegradation of compression wood and tension by white and brown-rot fungi. **Holzforschung**, v. 48, p. 34 - 42, 1994.

BLANCHETTE, R.A. Delignification by wood-decay fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v. 29, p. 381 - 403, 1991.

BOERJAN, W. et. al. Lignin biosynthesis. **Annu Rev Plant Biol**, v. 54, p. 519-546, 2003

BOYLE, C. D.; KROPP, B. R.; REID, I. D. Solubilization and mineralization of lignin by white rot fungi. **Appl Environ Microbiol**, v. 58, p. 3217 - 3224, 1992

BRAGA, C. F. G. V.; BRAGA, L. V. Desafios da energia no Brasil: panorama regulatório da produção e comercialização do biodiesel. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 10, 2012.

BRANCO, L. G. B. Biocombustíveis: vantagens e desafios. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 3, n. 1, p. 16-33, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional do Alcool completa 49 anos com impactos positivos na economia e no meio ambiente. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-do-alcool-completa-49-anos-com-impactos-positivos-na-economia-e-no-meio-ambiente>. Acesso em: 04 nov. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel/pnpb>. Acesso em: 04 nov. 2025.

BRUNOW. Lignin chemistry and its role in biomass conversion. G. BrunowB. Kamm, P.R. Gruber, M. Kamm (Eds.), **Biorefineries - Industrial processes and products**, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pp. 151-163, 2010.

BURTON, R.A. et al. Heterogeneity in the chemistry, structure and function of plant cell walls. **Nat. Chem. Biol.**, v. 6, p. 724 - 732, 2010.

CANAS, A. I.; CAMARERO, S. Laccases and their natural mediators: biotechnological tools for sustainable eco-friendly. **Biotechnol Adv**, v 28, p. 694 - 705, 2010.

CANTAREL, B. L. et al. The Carbohydrate-Active Enzymes database (CAZy): an expert resource for glycogenomics. **Nucleic Acids Res.** v.37, p. 233 - 238, 2009.

COLLOT, H. V. et al. A high-throughput gene knockout procedure for *Neurospora* reveals functions for multiple transcription factors. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 103, n. 27, p. 10352-10357, 2006.

CONSTANT, S.; et al. New insights into the structure and composition of technical lignins: A comparative characterisation study. **Green Chem.**, v.18, p. 2651 - 2665, 2016.

COSGROVE, D.J. Growth of the plant cell wall. **Annu. Rev. Cell Dev. Biol.** v. 6, 850 - 861, 2005.

DE SOUZA, A. et al. Sugarcane as a bioenergy source: history, performance, and perspectives for second-generation bioethanol. **BioEnergy Research**, v. 7, 2014.

DE VRIES, R. P. et al. CreA modulates the XlnR-induced expression on xylose of *Aspergillus niger* genes involved in xylan degradation. **Res. Microbiol.** V. 150, 281 - 285, 1999.

DASHORA, K. et al. Fungal assisted valorisation of polymeric lignin: mechanism, enzymes and perspectives. **Catalysts**, v. 13, n. 1, p. 149, 2023.

- DODGE, B. O. Neurospora — A new genus of Ascomycetes. **Journal of Agricultural Research**, v. 34, p. 691-712, 1927.
- DUNLAP, J. C. et al. Enabling a community to dissect an organism: overview of the Neurospora functional genomics project. **Advances in genetics**, v. 57, p. 49–96, 2007.
- EBERHART, B. M.; BECK, R. S.; GOOLSBY, K. M. Cellulase of Neurospora crassa. *J Bacteriol*, v. 130, p. 181- 186, 1977.
- EBRINGEROVÁ, A., et al. Hemicellulose, Polysaccharides. 1: Structure, Characterization and use. **Springer-Verlag**, vol. 186, p. 1 – 67, 2005.
- ESLYN, W.E. et al. Changes in the chemical composition of wood caused by six softrot fungi. **Phytopathology**, v. 65, p. 473 - 476, 1975.
- FAIX, O. Classification of Lignins from Different Botanical Origins by FT-IR Spectroscopy. **Holzforschung**, v. 45, p. 21 - 27, 1991
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio e Janeiro: **Paz e Terra**, 1987.
- GALAGAN, J. E., et al. The genome sequence of the filamentous fungus Neurospora crassa. **Nature** 422: 859-868. 2003
- GALBE, M.; ZACCHI, G.A. Review of the production of ethanol from softwood. **Appl Microbiol Biotechnol**, p. 618 - 628, 2002.
- GLASS, N. L. et al. Hyphal homing, fusion and mycelial interconnectedness. **Trends in Microbiology**, v. 12, n. 3, p. 135-141, 2004.
- GLASS, N. L. et al. Plant Cell Wall Deconstruction by Ascomycete Fungi. **Annu. Rev. Microbiol.**, v. 67, p. 477–98, 2013.
- GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, v. 315, n. 5813, p. 808-810, 2007.
- GUERRIERO, G. et al. Lignocellulosic biomass: Biosynthesis, degradation, and industrial utilization. **Engin. in Life Sci.**, v. 16, n. 1, p. 1 - 16, 2016.
- HALL, M. ET AL. Cellulose crystallinity - a key predictor of the enzymatic hydrolysis rate. **FEBS J**, v. 277, p. 1571 - 1582, 2010.
- HATAKKA, A. Lignin-modifying enzymes from selected white-rot fungi: Production and role in lignin degradation. **FEMS Microbiology Review**, v.13, p. 125-135, 1994.
- HIMMEL, M. E. Biomass recalcitrance: deconstructing the plant cell wall for bioenergy. **Hoboken: Wiley-Blackwell**, 2009. 505 p.
- HORN, S.J. et al. Novel enzymes for the degradation of cellulose. **Biotechnol Biofuels**, v. 5, p. 45, 2012.

HORN, S.J. et al. Novel enzymes for the degradation of cellulose. **Biotechnol. Biofuels**, v. 25, n. 45, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Human influence on the climate system. In: **Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023. p. 423-552.

KARIMI, K.; TAHERZADEH, M.J. A critical review of analytical methods in pretreatment of lignocelluloses: Composition, imaging, and crystallinity. **Bioresour. Technol.**, v. 20, 1008 - 1018, 2016.

KNOX, J.P. Revealing the structural and functional diversity of plant cell walls. *Curr. Opin. Plant Biol*, v. 11, 308 - 313, 2008.

KUMAR, R., SINGH, S., SINGH, O.V. Bioconversion of lignocellulosic biomass: biochemical and molecular perspectives. **J Ind Microbiol Biotechnol**, v. 35, n. 5, p. 377 - 91, 2008.

LEE, J. Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. **J Biotechnol**, v. 56, p. 1 - 24, 1997.

LEE, S.B. et al. Structural properties of cellulose and cellulase reaction mechanism. **Biotechnol Bioeng**, v. 25, p. 33 - 51, 1983.

LEONOWICZ, A. et al. Biodegradation of lignin by white rot fungi. *Fungal Genet. Biol.*, v. 27, p. 175 - 185, 1999

LEONOWICZ, A. et al. Fungal laccase: properties and activity on lignin. **J Basic Microbiol.**, v. 41, p. 185 - 227, 2001.

LI, C. et al. Catalytic Transformation of Lignin for the Production of Chemicals and Fuels. **Chem. Rev.**, v. 115, p. 11559 - 11624, 2015

LOPES, A. C. Contribuições de Gaston Bachelard para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 134–143, 1993.

MACH-AIGNER, A. R. et al. D-xylose as a repressor or inducer of xylanase expression. in *Hypocrea jecorina* (*Trichoderma reesei*). **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 76, p.1770–1776, 2010.

MACH-AIGNER, A. R. L-arabitol is the actual inducer of xylanase expression in *Hypocrea jecorina* (*Trichoderma reesei*). **Appl. Environ. Microbiol.**, v.77, p. 5988 - 5994, 2011.

MARTÍNEZ, A. T. et al. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. **International Microbiology**, v. 8, n. 3, p. 195-204, 2005.

MARTINEZ, D. et al. Genome sequence of the lignocellulose degrading fungus *Phanerochaete chrysosporium* strain RP78. **Nat Biotechnol**, v. 22, p. 695 - 700, 2004.

MARTINEZ, D. et al. Genome Sequencing and Analysis of the biomass-degrading fungus *Trichoderma reesei*. **Nat Biotechnol**, v. 26, p. 553-560, 2008.

MASRAN, R. et al. Harnessing the potential of ligninolytic enzymes for lignocellulosic biomass pretreatment. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, n. 12, p. 5231-5246, 2016.

MENDONÇA, R. T. et al. Evaluation of the white-rot fungi *Ganoderma australe* and *Ceriporiopsis subvermispora* in biotechnological applications. **J Ind Microbiol Biotechnol**, v. 35, p. 1323 - 1330, 2008.

NUMMI, M. ET AL. Cellobiohydrolase from *Trichoderma reesei*. **Biochem. J.** v. 215, p. 677 - 83, 1983.

ORTH, A.B, et al. Ubiquity of lignin wood-degrading fungi. *Ap Environ Microb*, v. 59, p. 4017 - 4023, 1993.

PAMIDIPATI, S.; AHMED A. Degradation of Lignin in Agricultural Residues by locally Isolated Fungus *Neurospora discreta*. **Appl Biochem Biotechnol**, v.181, p. 1561 – 1572, 2016

PANDIT, A.; MAHESHWARI, R. Life-History of *Neurospora intermedia* in a sugarcane field. **J Biosci**, v. 21, p. 57 - 79, 1996.

PAYEN, A. Sur un nouveau genre de moisissures (*Neurospora*). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, v. 17, p. 1100-1102, 1843.

PÉREZ, J. et al. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. **Int Microbiol**, v. 5, p. 53 - 63, 2002.

PERKINS, D. D.; TURNER, B. C.; BARRY, E. G. Strains of *Neurospora crassa* collected from nature. **Evolution**, v. 30, n. 2, p. 281-313, June 1976

PHILLIPS, C.M. et al. Quantitative proteomic approach for cellulose degradation by *Neurospora crassa*. **J. Proteome Res**, v. 10, p. 4177–4185, 2011.

PRASAD et al. Bioethanol production from waste lignocelluloses: A review on microbial degradation potential. **Chemosphere**, v. 231, p. 588-606, 2019.

PRASAD, S. et al. Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, p. 1 - 39, 2007.

PRIMO, C. M. Como tornar indissociáveis ensino, pesquisa e extensão na Química: um estudo sobre implementação de um design inovador sobre MOFs luminescentes. 2023. **Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara.**

RAGAUSKAS, A.J et al. Lignin Valorization: Improving Lignin Processing in the Biorefinery. **Science**, v. 16. 2014.

RAYNER, A.D.M.; BODDY, L. Fungal decomposition of wood: its biology and ecology. **Chichester: John Wiley**, 1998.

RIVA, S. Laccases: blue enzymes for green chemistry. *Trends in Biotechnol*, v. 24, p. 219 - 226, 2006.

ROMERO, M. D.; AGUADO, J. L. G.; LADERO, M. Cellulase production by *Neurospora crassa* on wheat straw. **Enzyme Microb Technol**, v. 25, p. 244 - 250, 1999.

SAHA, B.D. Hemicellulose bioconversion. **J Ind Microbiol Biotechnol**, v. 30, p. 279 - 291, 2003.

SATHITSUKSANO, N.; et al. Lignin fate and characterization during ionic liquid biomass pretreatment for renewable chemicals and fuels production. **Green Chem.**, v. 16, p. 1236 - 1247, 2014.

SATHITSUKSANO, N.; et al. Lignin fate and characterization during ionic liquid biomass pretreatment for renewable chemicals and fuels production. **Green Chem.**, v. 16, p. 1236 - 1247, 2014.

SHIBUKAWA, V. P. et al. Impact of product diversification on the economic sustainability of second-generation ethanol biorefineries: a critical review. **Energies**, v. 16, n. 17, p. 6384, 2023.

SHEAR, C. L.; DODGE, B. O. The genus *Neurospora*. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, v. 17, p. 162-166, 1927.

SHRESTHA P. et al. Systematic search for cultivatable fungi that best deconstruct cell walls of *Miscanthus* and sugarcane in the field. **Appl Environ Microbiol**, v. 77, p. 5490 - 504, 2011.

SHRESTHA, P. et al. Fungi isolated from *Miscanthus* and sugarcane: biomass conversion, fungal enzymes, and hydrolysis of plant cell wall polymers. **Biotechnol biofuels**, v. 8, n. 1, p. 38, 2015.

SILVA, M. C. D. Identificação do secretoma lignolítico de *Neurospora crassa* envolvido na desconstrução da parede celular vegetal. 2019. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Química, Araraquara.**

SLABAUGH, E. et al. Cellulose synthases: new insights from crystallography and modeling. **Trends Plant Sci**, v.19, 99 - 106, 2014.

SMITH, M.L. et al. Vegetative incompatibility in the het-6 region of *Neurospora crassa* is mediated by two linked genes. **Genetics**, v.155, p. 1095 - 1104, 2000.

SOMERVILLE, C et al. Toward a systems approach to understanding plant cell walls. **Science**, v. 306, p. 2206 - 2211, 2004.

SORIEUL, M. et al. Plantfibre: molecular structure and biomechanical properties, of a complex living material, influencing its deconstruction towards a biobased composite. **Materials**, v. 9, p. 618, 2016.

STASZCZAK, M. et al. Activities in cultures of selected white-rot fungi. **J. Basic Microbiol.**, v. 3, p. 193-203, 1996.

SUGANO, Y. DyP-type peroxidases comprise a novel heme peroxidase family **Cel Mol Life Sci**, v. 66, p. 1387 - 1403, 2009.

SUN, J. et al. Deciphering transcriptional regulatory mechanisms associated with hemicellulose degradation in *Neurospora crassa*. **Eukaryot. Cell**, v. 11, p. 482 - 493, 2012.

TIAN, C. et al. Systems analysis of plant cell wall degradation by the model filamentous fungus *Neurospora crassa*. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 106, p. 22157 - 22162, 2009.

UPTON, B. M.; KASKO, A.M. Strategies for the conversion of lignin to high-value polymeric. **Chem Ver**, v. 116, p. 2275 - 2306, 2016.

VAN DEN BRINK, J; DE VRIES, R. P. Fungal enzyme sets for plant polysaccharide degradation. **Appl. Microbiol. Biotechnol**, v. 91, p. 1477 - 1492, 2011

WAN, C.; LI, Y. Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. **Biotechnol Adv.**, v. 30, p. 1447 - 1457, 2012.

ZHAO, Q.; DIXON, R. A. Transcriptional networks for lignin biosynthesis: more complex than we thought? **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 4, p. 227-233, 2011.

ZHAO, Y et al. Advances in Imaging Plant Cell Walls. **Trends in Plant Science**, v. 24, p. 867 - 878, 2019.

APÊNDICE

1) Proposta de Atividade enviada para a coordenação da E.E. Jardim dos Oitis.

 	
Proposta de Atividade "Divulgação científica em ação: Do resíduo ao combustível com Neurospora".	
1. Identificação	
Nome: Lucas Toth Elias e Silva	
Curso: Bacharelado em Química – IQ UNESP Araraquara	
Escola Proposta: E.E. Jardim dos Oitis	
Data: ??/10/2025	
2. Proposta e Objetivos	
Essa proposta tem como objetivo realizar uma atividade de divulgação científica com alunos do Ensino Médio da E.E. Jardim dos Oitis, usando o meu Texto de Divulgação Científica (TDC) criado como parte do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Considerando as limitações e logística do calendário escolar, sugiro que a atividade seja realizada prioritariamente com os alunos do 3º ano, mas se possível seria interessante para os alunos do 2º e 1º ano do ensino médio.	
Os objetivos principais são: - Aproximar os conceitos de Bioquímica da realidade do ensino público, tornando a ciência mais acessível; - Estimular a curiosidade científica e valorizar a carreira acadêmica, com foco no campo da Bioquímica; - Exercitar a extensão universitária, levando conhecimento da universidade para a comunidade; - Usar os dados e a experiência da atividade como parte da análise do meu TCC; - Incentivar os estudantes a reconhecerem seu potencial como futuros agentes de mudança e valorizarem a possibilidade de ingresso em universidades públicas.	
3. Metodologia	
A atividade será lúdica e interativa, combinando a apresentação do TDC com materiais práticos para aproximar teoria e prática. Serão utilizados recursos como: - Laboratório de Ciências da escola para a realização das demonstrações. - Serragem e bagaço de cana-de-açúcar, demonstrando os substratos naturais; - Microscópio do laboratório com lâminas preparadas, para observação direta; - Placas de Petri contendo o fungo <i>Neurospora crassa</i>;	
A condução da atividade será estruturada em três momentos: - Exposição do TDC, com explicações acessíveis e linguagem adequada ao nível dos alunos; - Interação prática com os materiais, promovendo a observação e o contato prático; - Reflexão final sobre o papel da universidade, o acesso ao ensino superior público e gratuito, e a importância dos alunos como futuros profissionais e pesquisadores.	
4. Questionário	
Será aplicado um questionário no começo e ao final da atividade, buscando coletar informações sobre: Grau de compreensão do conteúdo apresentado, preferência entre a metodologia de ensino apresentada e o modelo de aula tradicional, impacto da atividade na motivação para seguir carreira científica, nível de conhecimento prévio e posterior sobre universidades públicas e seu acesso gratuito. Os dados obtidos serão analisados de forma qualitativa, integrando resultados e desenvolvimento do meu TCC. Todas as fotos tiradas no dia do evento passarão por uma curadoria para não mostrar o rosto de nenhum aluno ou professor, para evitar qualquer tipo de burocracia.	
5. Conclusão	
Sendo assim, essa proposta constitui uma atividade de mútuo benefício. Para a escola, representa a oportunidade de acesso a um conteúdo científico diferenciado para os alunos, aproximando a realidade acadêmica e suas possibilidades de futuro. Para mim, como discente, oferece a oportunidade de consolidar a experiência extensionista e aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de Química, integrando-os à produção do meu TCC. Assim, trata-se de uma iniciativa ganha-ganha, que fortalece tanto o papel social da universidade quanto a formação crítica e científica dos alunos.	
Araraquara, 01 de outubro de 2025	

2) TDC Completo Elaborado





**Texto de Divulgação
Científica
Instituto de Química - UNESP
Campus Araraquara, 2025**

ELABORADOR

Lucas Toth Elias e Silva

ORIENTAÇÃO

Fernanda Zanolli Freitas

REVISÃO TÉCNICA

Fernanda Zanolli Freitas

Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular de Microrganismos



Araraquara, 2025

Um Herói Improvável

Imagine um mundo onde os subprodutos da agricultura, como o bagaço da cana e a serragem da madeira, fossem convertidos em combustível para mover carros ou gerar eletricidade. Parece coisa de ficção científica, mas essa tecnologia já não é distante. E o herói da história é... um **fungo**!

Sim, uma pesquisa realizada pela Prof. Dra. Fernanda Zanolli Freitas do departamento de bioquímica e química orgânica do Instituto de Química da Unesp Araraquara aponta que a *Neurospora crassa*, um fungo filamentoso do filo dos Ascomicetos, que cresce sobre alimentos velhos como pão ou frutas, pode ajudar a resolver um dos grandes desafios ambientais da atualidade: o aproveitamento sustentável da **biomassa vegetal**.

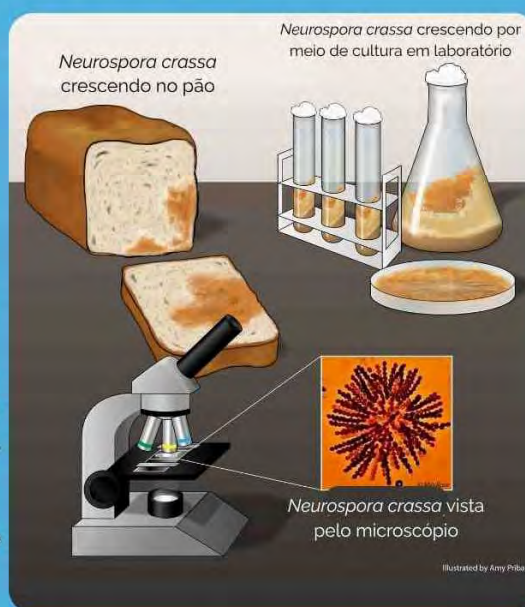
Biomassa vegetal é matéria orgânica de origem vegetal utilizada para produção de energia, calor, e também para produzir biocombustíveis como o bioetanol. Ela inclui resíduos agrícolas, florestais, e restos de alimentos, sendo considerada uma fonte renovável e uma alternativa aos combustíveis fósseis.



OBS: O QUE É UM FUNGO?

Os fungos são organismos heterotróficos e eucariontes que podem ser unicelulares ou multicelulares. A grande maioria das espécies é filamentosa, sendo esses filamentos denominados de hifas. Alguns fungos são formados por várias hifas densamente unidas, que formam o chamado micélio.

No caso da *Neurospora*, seu crescimento acontece espontaneamente quando o pão fica úmido e deixado exposto ao ar, especialmente em locais quentes, sendo fonte de carbono e nutrientes, fornecendo açúcares, amido e proteínas que alimentam o fungo. Assim, forma um micélio aéreo visível a olho nu, com coloração entre o laranja e o avermelhado, que são seus esporos (conídeos). Além disso, pode ser cultivada em laboratório, por meio de culturas que oferecem uma condição ótima para o crescimento do fungo e são ideais para estudar expressão gênica, produção de enzimas (como no caso do secretoma), e alterações fenotípicas.



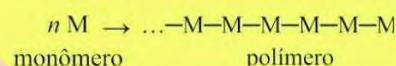
O Desafio: Lignina

A biomassa vegetal, como a cana-de-açúcar ou a serragem, é formada por três principais componentes: Celulose, hemicelulose e lignina. Em termos mais científicos, a lignina é um **polímero** complexo encontrado nas paredes celulares de plantas terrestres, sendo o segundo polímero orgânico mais abundante na natureza, depois da celulose. A lignina funciona como um "cimento" que mantém as estruturas da planta rígidas, sendo tão forte que acaba difícultando o acesso às partes que interessam na produção de biocombustíveis.

BIOPOLÍMEROS PRESENTES NO BAGAÇO DE CANA



POLÍMEROS SÃO MACROMOLÉCULAS FORMADAS A PARTIR DA LIGAÇÃO DE MOLÉCULAS MENORES REPETIDAS CONHECIDAS COMO MONÔMEROS.



CELULOSE:

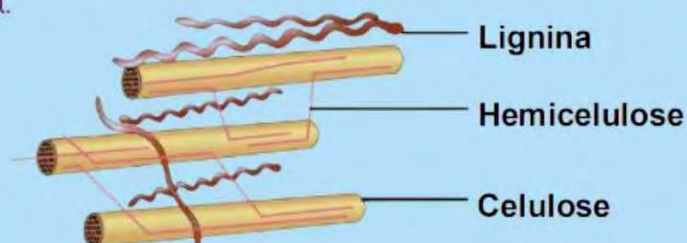
base estrutural formada por longas cadeias de glicose.

HEMICELULOSE:

une as fibras de celulose e ajuda a dar flexibilidade.

LIGNINA:

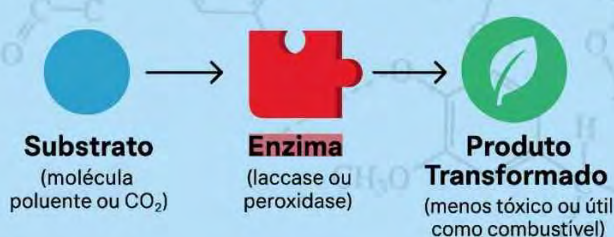
dá resistência à estrutura, atuando como "cimento" natural.



O Desafio: Lignina

Os métodos mais comuns para romper essa barreira gerada pela lignina incluem pré-tratamentos com ácidos, bases ou calor, técnicas que se assemelham a "abrir caminho com marretas": funcionam, mas causam danos colaterais, demandam energia e geram resíduos, além de serem extremamente danosos para a natureza.

Nesse cenário, microrganismos como *Neurospora crassa* oferecem uma abordagem mais refinada. A pesquisa da Prof. Dra. Fernanda indica que por meio de **enzimas** oxidativas, como lacases e peroxidases, o fungo atua basicamente como um restaurador químico: enfraquece pontos-chave da lignina sem desmontar tudo ao redor.

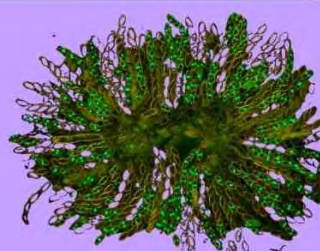


"Enzimas são proteínas que funcionam como "catalisadores biológicos", ou seja, aceleram reações químicas que, sem elas, demorariam muito mais tempo para acontecer."

Conhecido por seu crescimento rápido, ampla base genética e facilidade de cultivo, *N. crassa* tornou-se um **organismo modelo**, ideal para estudos bioquímicos e industriais.



Fungo *Neurospora* após crescer em uma placa de petri.



Fungo *Neurospora* visto por microscopia eletrônica.

ESPÉCIE BEM ESTUDADA,
FÁCIL DE CULTIVAR,
USADA COMO REFERÊNCIA
PARA ENTENDER
PROCESSOS BIOLÓGICOS
GERAIS.



Aplicação da Neurospora

Simplificando o procedimento utilizado, a Prof. Fernanda utilizou uma cepa chamada 74-OR23-1VA (FGSC 2489), que é uma linhagem selvagem de *Neurospora crassa*. Pense nisso como usar uma “semente padrão” que todo mundo conhece e serve de referência para fazer comparações justas entre experimentos.

O fungo então, foi colocado em um líquido chamado meio de Vogel com glicose. Esse meio funciona como uma “sopa nutritiva” cheia de sais minerais e açúcar (a glicose é como o “arroz com feijão” básico dos microrganismos). Aqui o fungo começa a crescer e se adaptar ao ambiente.

Depois, o fungo foi transferido para frascos contendo meio de Vogel + diferentes resíduos vegetais: bagaço de cana, serragem ou lignina pura. A ideia é ver como ele se comporta nos materiais alvo do trabalho, que são bem mais complexos. É como trocar a “sopa simples” por um prato mais difícil de digerir (tipo carne dura em vez de arroz), para observar como ele ativa enzimas especiais.

Após alguns dias, o líquido do frasco é filtrado. O que sobra no líquido (sem o fungo) é chamado secretoma, o conjunto de enzimas que o fungo liberou para “atacar” a lignina e os açúcares da biomassa. Isso serve para estudar o potencial de ação do fungo e quais ferramentas (enzimas) ele utilizou.

Procedimento Experimental



Neurospora crassa
74-OR23-1VA

(FGSC 2489, selvagem, tipo A)



Pré-cultivo

Meio de Vogel com glicose



Cultivo experimental

Meio de Vogel + substrato
(cana, lenha, lignina)



Coleta do secretoma

Filtração do meio
→ sobrenadante



Análises

Proteômica

Esse secretoma é então analisado por técnicas de laboratório que identificam quais proteínas e enzimas estavam ali. Assim, os cientistas podem descobrir novas enzimas úteis para transformar resíduos vegetais em biocombustíveis.

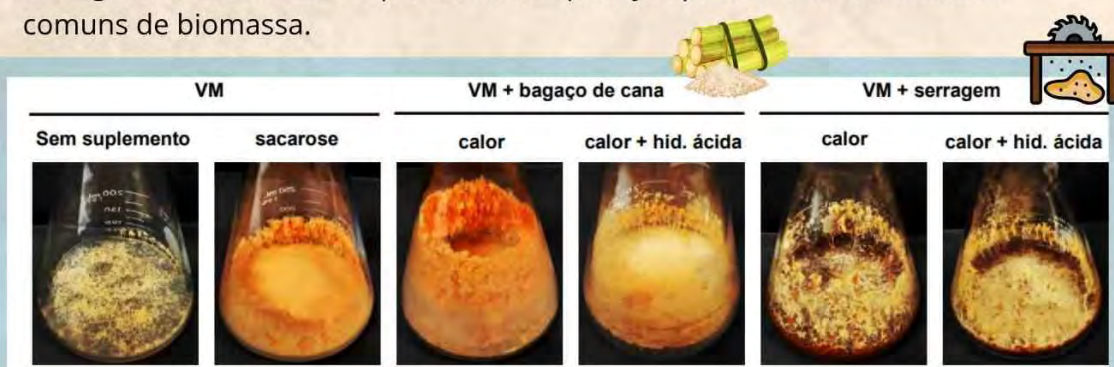


Aplicação da Neurospora

No secretoma da *N. crassa*, foram encontradas dezenas de enzimas, incluindo lacases e peroxidases, que ajudam a quebrar ligações químicas complexas da lignina. Mas o mais interessante é que o fungo também produz proteínas desconhecidas, chamadas de ORFs hipotéticas.

Essas proteínas podem representar uma possibilidade de novas ferramentas para a indústria — como descobrir uma nova chave inglesa que ninguém sabia que existia.

Também foi analisado o potencial do fungo para crescer sobre bagaço de cana e serragem, afim de testar o potencial de aplicação para as alternativas mais comuns de biomassa.



Ao crescer sobre o bagaço de cana, o fungo se saiu melhor do que na serragem. Isso porque a lignina da cana é mais amofa, facilitando o acesso das enzimas, além de ser mais suscetível à ação de enzimas fúngicas por apresentar menor grau de condensação e maior heterogeneidade. Já a serragem de madeira, rica em lignina guaiacólica e sinapílica, apresenta uma estrutura mais rígida e compacta, dificultando a atuação do fungo.

o que significa isso?

Menor grau de condensação → quer dizer que as moléculas de lignina da cana tem menos ligações C-C, assim estão menos "grudadas" umas nas outras, formando uma rede mais frouxa e com espaços livres. Isso facilita a entrada e ação das enzimas.

Maior heterogeneidade → indica que a lignina da cana é formada por diferentes tipos de unidades químicas, criando uma estrutura irregular e mais fácil de quebrar.

*Lignina guaiacólica e sinapílica
A lignina pode ser formada por três blocos básicos: p-hidroxifenila (H), guaiacólica (G) e sinapílica (S).*

Nas madeiras, predominam as unidades G e S, que se ligam de forma mais compacta e estável, como uma parede reforçada.

Isso explica por que a madeira é mais dura de degradar do que a cana-de-açúcar.



O que podemos fazer agora? E o que o futuro reserva?

O uso de *Neurospora crassa* na degradação de lignina representa um avanço significativo no desenvolvimento de processos mais sustentáveis para o aproveitamento da biomassa vegetal. Sua capacidade de crescer em resíduos ricos em lignina, aliada à produção de enzimas lignolíticas, oferece uma alternativa promissora aos pré-tratamentos físico-químicos tradicionais.



A exploração de seu secretoma pode contribuir para a formulação de coquetéis enzimáticos customizados, com aplicações na produção de **biocombustíveis**, plásticos biodegradáveis e até cosméticos.

Além disso, o estudo de proteínas ainda não caracterizadas amplia as fronteiras da biotecnologia, abrindo espaço para inovações futuras baseadas em soluções naturais e inteligentes, dignas de um fungo que, discretamente, ajuda a reescrever os caminhos da energia.



Assim, da mesma forma que o fermento faz o pão crescer, *N. crassa* pode fazer crescer uma nova geração de soluções sustentáveis. Tudo isso, começando com algo que muita gente jogaria fora: o lixo da lavoura.



REFERÊNCIAS

- SILVA, Mônica Cristina da. Análise do secretoma de *Neurospora crassa* em diferentes substratos lignocelulósicos. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – área de concentração Biologia Molecular e Estrutural) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/3782e7db-ee83-4bd1-af62-c6643d077e0e>. Acesso em: 8 set. 2025.
- COLOT, H. V. et al. A high-throughput gene knockout procedure for *Neurospora* reveals functions for multiple transcription factors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 27, p. 10352–10357, 2006.
- CANAL BIOENERGIA. Portal de bioenergia no Brasil. Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/>. Acesso em: 22 set. 2025.
- GLASS, N. L.; SCHMOLL, M.; CATE, J. H.; CORADETTI, S. Plant cell wall deconstruction by ascomycete fungi. *Annual Review of Microbiology*, v. 67, p. 477–498, 2013.
- MARTÍNEZ, Á. T. et al. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 69, n. 2, p. 272–290, 2005.
- SOUZA, A. P. de; GRANDIS, A.; LEITE, D. C. C.; BUCKERIDGE, M. S. Sugarcane as a bioenergy source: history, performance, and perspectives for second-generation bioethanol. *BioEnergy Research*, v. 7, p. 24–35, 2014.
- RAÍZEN. Inovação em bioenergia. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/>. Acesso em: 22 set. 2025.
- FUNGAL GENETICS STOCK CENTER (FGSC). *Neurospora crassa* resources. Disponível em: <http://www.fgsc.net>. Acesso em: 8 set. 2025.
- WIKIMEDIA COMMONS. Imagens de *Neurospora crassa*. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/Neurospora_crassa. Acesso em: 8 set. 2025.

3) Apresentação “Palestra na escola”



Palestra na Escola



HistÓrico

- O professor Waldemar Saffioti iniciou a instalação do curso de Química na extinta Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Araraquara (FFCLA).
- 1964 as aulas passaram a ser no atual prédio da Química.
- 1976 Primeira faculdade Multi campi do Brasil e IQ
- incorporado à Universidade







X FOTOS DOS LABORATÓRIOS, SALAS E ANFS



Instituto de Química/Ar

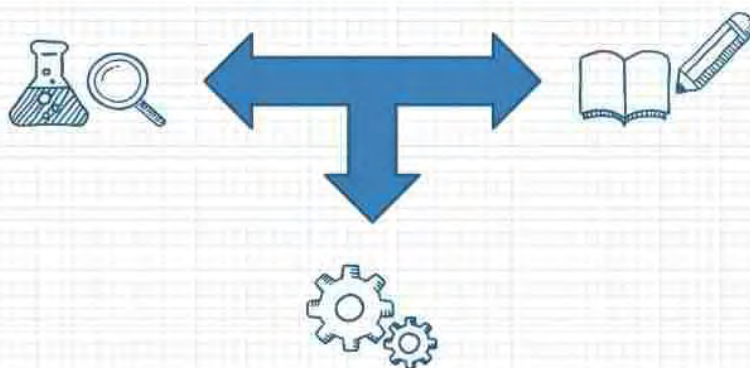
✕ Bacharelado em Química/Química tecnológica 
Notas 5 e 4 no ENADE

✕ Engenharia Química 
Nota 5 no ENADE

✕ Licenciatura em Química 
Nota 5 no ENADE



Diferença entre os cursos





Projetos de Extensão

- ✗ São projetos dentro da Universidade que levam para a comunidade o conhecimento que é adquirido por meio de ensino e pesquisa.

10



Auxílios: Bolsas e moradia

- X Bolsas de apoio acadêmico I, II e III
- X Moradia Estudantil
- X UNAMUS

13

X Como faço para ser um U NE SP IANO?



14

VESTIBULAR

- X 1ª Fase: prova de múltipla escolha sobre conhecimentos gerais(DATA)
- X 2ª Fase: Duas provas dissertativas e uma redação (DATA)

CURSOS	CIDADE	ACERTOS MÍNIMOS	
		2016	2017
Engenharia Química – Integral	Araraquara	52	49
Química (Bach. em Química e em Química Tecnológica) – Integral	Araraquara	46	32
Química (Lic.) – Noturno	Araraquara	24	19

15

Redes sociais

Fa ce book [Facebook.com/PETQUIMICAUNESP](https://www.facebook.com/PETQUIMICAUNESP)

Instagram: @PETQUIMICAUNESP

Site: <http://www.petquimicaunesp.wixsite.com/petquim>

E-mail: Petquimicaunesp@gmail.com

16

