



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Agroecologia: Caminho de Preservação do Meio Ambiente



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Agroecologia: Caminho de Preservação do Meio Ambiente

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A281	<p>Agroecologia [recurso eletrônico] : caminho de preservação do meio ambiente / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-735-2 DOI 10.22533/at.ed.352192510</p> <p>1. Agroecologia. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Ecologia agrícola. I. Santos, Cleberton Correia.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630.2745</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Agroecologia: Caminho de Preservação do Meio Ambiente” de publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 15 capítulos, estudos associados ao fortalecimento do desenvolvimento sustentável pautados a partir da educação ambiental e práticas agroecológicas que estabeleçam o manejo dos recursos naturais renováveis.

Dentre os capítulos apresentados encontram-se voltados a práticas educacionais que assegurem a valorização do conhecimento popular acerca de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, bem como articulação de saberes visando emponderamento da agricultura familiar. Em outra vertente, encontram-se pesquisas com ênfase em práticas de manejo agroecológico relacionados aos serviços ecossistêmicos e da agrobiodiversidade.

No panorama mundial visando a agricultura sustentável e qualidade de vida, a Agroecologia assume importante papel no estabelecimento de princípios que contribuam para o desenvolvimento rural sustentável, segurança alimentar e conservação dos recursos naturais, todos esses baseando-se nos pilares da sustentabilidade “ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável”.

Aos autores, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora pela dedicação e empenho na elucidação de informações que sem dúvidas irão contribuir no fortalecimento da Agroecologia e da agricultura familiar. Aos leitores, uma ótima reflexão e leitura sobre os paradigmas da sustentabilidade ambiental.

Esperamos contribuir no processo de ensino-aprendizagem e diálogos da necessidade da produção de alimentos de base agroecológica e do emponderamento das comunidades rurais, e ainda incentivar agentes de desenvolvimento, isto é, alunos de graduação, de pós-graduação e pesquisadores, bem como instituições de assistência técnica e extensão rural na promoção do emponderamento rural e da segurança alimentar.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
TROCA DE SABERES PARA CONSTRUÇÃO DO APRENDIZADO ATRAVÉS DA AGROECOLOGIA	
Ellen Cristine Nogueira Nojosa	
Georgiana Eurides de Carvalho Marques	
Pedro Gustavo Granhen Franz	
DOI 10.22533/at.ed.3521925101	
CAPÍTULO 2	10
PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS NA AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ-MA	
Gislane da Silva Lopes	
Thaisa da Costa Barros	
Fabrícia da Silva Almeida	
Karolina de Sá Barros	
Raimundo Calixto Martins Rodrigues	
Fabiano Sousa Oliveira	
Luiz Junior Pereira Marques	
DOI 10.22533/at.ed.3521925102	
CAPÍTULO 3	20
A AGROECOLOGIA COMO CIÊNCIA MEDIADORA ENTRE A FORMAÇÃO DO AGRÔNOMO E A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL	
Valéria Ortaça Portela	
Leticia Moro	
Juliane Schmitt	
DOI 10.22533/at.ed.3521925103	
CAPÍTULO 4	30
BIODIVERSIDAD, IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y AGROECOLOGÍA: UN ESTUDIO DE FLORA EN EL PÁRAMO DE GUERRERO OCCIDENTAL DE ZIPAQUIRÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA	
Camilo José González-Martínez	
Ricardo Guzmán Ruiz	
Karina Susana Pastor-Sierra	
Kenneth Ochoa	
Daniel Augusto Acosta Leal	
DOI 10.22533/at.ed.3521925104	
CAPÍTULO 5	43
DIVERSIDADE E ETNOBOTÂNICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS OCORRENTES EM QUINTAIS AGROFLORESTAIS DA COMUNIDADE ROZALINA, VARGEM GRANDE- MA	
Taciella Fernandes Silva	
Jeane Rodrigues de Abreu Macêdo	
Klayton Antonio do Lago Lopes	
Andréa Martins Cantanhede	
DOI 10.22533/at.ed.3521925105	
CAPÍTULO 6	54
A AGROECOLOGIA EM BENEFÍCIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
Stephan Lopes Carvalho	
Ronald Assis Fonseca	
Maurício Novaes Souza	
DOI 10.22533/at.ed.3521925106	

CAPÍTULO 7	66
PROJETO SERPENTES DO BRASIL: A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO NA PRESERVAÇÃO DA HERPETOFAUNA	
Éd Carlos Soares	
DOI 10.22533/at.ed.3521925107	
CAPÍTULO 8	72
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: MATÉRIA RELEVANTE PARA AS CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO NAS DIMENSÕES ACADÊMICA E ORGANIZACIONAL	
Adelcio Machado dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.3521925108	
CAPÍTULO 9	89
TRANSFORMAÇÃO DOS REGIMES AGROALIMENTARES EM BELÉM/PA E AS REPECURSSÕES NA NO VAREJO DE ALIMENTOS ORGÂNICOS	
José Maria Cardoso Sacramento	
Glauco Schultz	
DOI 10.22533/at.ed.3521925109	
CAPÍTULO 10	102
CARACTERÍSTICAS BIOMORFOLÓGICAS DE ACESSOS ESPONTÂNEOS DE UMBUZEIROS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO	
Talita Kelly Pinheiro Lucena	
José Lucínio de Oliveira Freire	
Bruna Kelly Pinheiro Lucena	
Fernando Kidelmar Dantas de Oliveira	
Jandeilson Alves de Arruda	
Randson Norman Santos de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.35219251010	
CAPÍTULO 11	116
ÍNDICE DE GERMINAÇÃO COM PREPARADOS HOMEOPÁTICOS	
Josué Pinheiro Machado	
Lorena da Paixão Oliveira	
Marluce Santana de Oliveira	
Amanda Santos Oliveira	
Jéssica Almeida dos Santos	
Renata Aparecida de Assis	
Waldemar Rodrigues de Souza Neto	
Fábio Oliveira Barreto	
Rosimeire da Conceição Bispo	
Maricelma Santana de Oliveira	
Guapei Vasconcelos Veras	
DOI 10.22533/at.ed.35219251011	
CAPÍTULO 12	123
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE PRODUTOS BIOTECNOLÓGICOS	
Letícia Fernanda Bossa	
Matheus Mertz Ribeiro	
João Paulo Silva Monteiro	
Daniele Sartori	
DOI 10.22533/at.ed.35219251012	

CAPÍTULO 13	136
ESPÉCIES DE BORBOLETAS EM BORDAS DISTINTAS DE FRAGMENTO DA MATA ATLÂNTICA EM BELA VISTA DO PARAÍSO-PR	
Laila Herta Mihsfeldt	
Diego Gimenes Luz	
Jael Simões Santos Rando	
Mateus Pires	
Éder Málaga Carrilho	
DOI 10.22533/at.ed.35219251013	
CAPÍTULO 14	156
PRODUÇÃO DE SIDERÓFOROS IN VITRO DE RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS de <i>Paspalum sp</i>	
Mayan Blanc Amaral	
Edevaldo de Castro Monteiro	
Vera Lúcia Divan Baldani	
DOI 10.22533/at.ed.35219251014	
CAPÍTULO 15	161
OFERTA E CONSUMO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS NA FEIRA MUNICIPAL DO PRODUTOR RURAL EM PALOTINA/PR	
Juliano Cordeiro	
João Victor Martinelli	
Belmiro Saburo Shimada	
Roberto Luis Portz	
Wilson Luis Kunz	
DOI 10.22533/at.ed.35219251015	
SOBRE O ORGANIZADOR	173
ÍNDICE REMISSIVO	174

RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE PRODUTOS BIOTECNOLÓGICOS

Letícia Fernanda Bossa

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia,
Universidade Estadual de Londrina
Londrina-Paraná

Matheus Mertz Ribeiro

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia,
Universidade Estadual de Londrina
Londrina-Paraná

João Paulo Silva Monteiro

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia,
Universidade Estadual de Londrina

Londrina-Paraná Daniele Sartori

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia,
Universidade Estadual de Londrina
Londrina-Paraná

RESUMO: O Brasil é um dos principais produtores agrícolas mundiais, e esse setor produz milhares de toneladas de resíduos que não são aproveitados pela indústria. Os resíduos podem gerar impactos ambientais se não forem tratados corretamente, além de representarem uma perda econômica associada a não reutilização desta matéria prima. Assim, os processos biotecnológicos por sua vez, podem utilizar esses resíduos agroindustriais para a geração de diversos tipos de produtos de interesse comercial como ácidos orgânicos, enzimas, pigmentos, cosméticos e medicamentos. Com a fermentação em

estado sólido (FES), pode ocorrer a reutilização dos resíduos, um processo ecologicamente favorável, onde a matéria prima é de fácil acesso e de baixo custo e o produto gerado possui alto valor agregado. Para a bioconversão desses materiais, pode ser utilizado diversas espécies fúngicas, sendo que um dos principais microrganismos utilizados para a reutilização dos dejetos agroindustriais é o *Aspergillus niger*. A indústria faz uso de uma linhagem específica de *Aspergillus niger*, considerada segura pela Food and Drug Administration (FDA). Assim, este microrganismo pode ser aplicado para produzir produtos de diversos ramos industriais como no setor alimentício, saúde humana, cosmética e até mesmo em nutrição animal. Por fim, esta revisão busca mostrar, baseada em informações extraídas da literatura, o potencial da reutilização de resíduos da agroindústria associada aos tipos de fermentação e os principais microrganismos utilizados para produção dos produtos biotecnológicos com enfoque em dois produtos específicos: amilases e ácido cítrico.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos agroindustriais; Fermentação; *Aspergillus*; Ácido cítrico, Amilase

**PROPRIEDADES DOS PROCESSOS
FERMENTATIVOS E UTILIZAÇÃO DE**

RESÍDUOS

A ampla diversidade de matérias primas encontradas nos resíduos agroindustriais, por serem de fácil acesso e baixo custo, podem ser reaproveitadas para a produção de um produto comercial utilizando três métodos fermentativos: Fermentação Submersa, Fermentação em Superfície e Fermentação em Estado Sólido, sendo que cada uma delas possui características particulares no processo (SHOW et al., 2015; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016).

O desempenho do processo fermentativo é afetado por fatores químicos como pH (THOMAS et al., 2013) e componentes do meio de cultivo (SOCCOL et al., 2017). Além disso, dentre os fatores físicos que afetam o processo estão a temperatura (KRISHNA, 2005), agitação e aeração (NAVES et al., 2010; SHOW et al., 2015). Visto que parâmetros físicos e químicos devem ser considerados, outra variável é a escolha do tipo de processo fermentativo, pois cada fermentação contém características que podem ser vantajosas ou desvantajosas.

A Fermentação Submersa é o tipo de processo fermentativo mais utilizado industrialmente. Dentre as vantagens deste processo, tem-se como destaque a purificação do produto é facilitada pela baixa concentração de partículas de substrato, as altas taxas de produção e rendimento, o menor risco de contaminação, menor necessidade de mão-de-obra para operação e requer espaço menor para produção (CASTRO et al., 2010; SHOW et al., 2015).

Algumas desvantagens, é que há necessidade de uma instalação sofisticada, elevando o custo com tecnologias e energia para o processo. Além disso, existe a preocupação de ser feito um controle rigoroso sobre a fermentação para evitar contaminantes e conseqüentemente a perda de lotes. Pode ocorrer também a formação de espuma durante o processo, mas pode ser resolvido utilizando um agente antiespumante (CASTRO et al., 2010; MENEGOL et al., 2016).

A Fermentação em Superfície foi o primeiro processo fermentativo utilizado para a produção em larga escala de um ácido orgânico com baixo custo, isso porque somente depois de algum tempo surgiu a Fermentação Submersa. Estima-se que sua introdução ocorreu por volta de 1920, porém uma descrição mais aprofundada deste método só foi publicada em 1950 (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016).

O processo é convencionalmente realizado em câmaras de fermentação, utilizando bandejas rasas, de aço inoxidável, alumínio ou polietileno, organizadas em prateleiras (BAUWELEERS et al., 2014; SHOW et al., 2015). Os parâmetros fermentativos como aeração, umidade, temperatura entre outros são regulados, pois o rendimento do processo é altamente influenciado por esses fatores (SOCCOL et al., 2006).

As vantagens deste processo fermentativo é que o mesmo pode ser utilizado em indústrias de pequena e média escala, porque requer menos esforço operacional, instalação e custo de energia. Uma das desvantagens é a preocupante contaminação

por outros microrganismos (BAUWELEERS et al., 2014).

A designação Fermentação em Estado Sólido, Fermentação Semi-Sólida, ou ainda processo Koji, é destinado ao processo no qual ocorre o crescimento de microrganismos sobre substratos sólidos sem a presença de água livre (KAREEM et al. 2010). É muito utilizada para produção de diversos compostos de interesse industrial através do aproveitamento de resíduos ou subprodutos da agroindústria (COUTO et al., 2006).

Por esse motivo, a vantagem de utilizar os resíduos é que além de atuarem como fonte de carbono, atuam também como suporte para o crescimento dos microrganismos (SHOW et al., 2015). As desvantagens deste método é que há dificuldade de controlar os parâmetros de fermentação, alguns substratos podem não ser completamente acessíveis e a transferência de oxigênio pode ser dificultada de acordo com o substrato. (SANTOS et al., 2017).

Considerando que o Brasil é um grande produtor agrícola e que há grande geração de resíduos/subprodutos, a Fermentação em Estado Sólido se apresenta como uma alternativa para os resíduos, gerando substâncias de interesse econômico, como enzimas, ácidos orgânicos, aromas e pigmentos, por exemplo.

A economia brasileira tem sua base muito forte no setor da agricultura, sendo que boa parte do PIB (Produto Interno Bruto) é originado do agronegócio. As grandes safras de diversos alimentos produzidos em nosso país como café, milho, cana-de-açúcar, soja, mandioca, frutas e cereais, geram elevadas quantidades de resíduos. Este fato, têm despertado o interesse de pesquisadores para sua utilização em processos biotecnológicos (FILHO et al., 2015).

Outra vertente que corrobora com a utilização de resíduos agroindustriais, é a relacionada com questões ambientais. Existe a busca constante por novas fontes renováveis de energia, visando um modelo sustentável por meio da reutilização de materiais. Nesse cenário, os resíduos podem ser utilizados para a produção de novos materiais, produtos químicos e de energia (FILHO et al., 2015; MORAES et al., 2017).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o mês de maio de 2019, foi realizado o levantamento sistemático da produção agrícola, estabelecendo o *ranking* dos principais cultivares produzidos pelo país (IBGE, 2019). Muitos destes cultivares geram resíduos sólidos ou líquidos como cascas, bagaço, polpas, sementes, farelos e água de maceração, por exemplo.

A biomassa mais produzida no Brasil é a proveniente da cana-de-açúcar. O resíduo agroindustrial gerado no setor sucroalcooleiro, como o bagaço e a palha de cana-de-açúcar por exemplo, é resultado do processamento para a produção de açúcar e etanol (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015; MORAES et al., 2017).

Os resíduos da agroindústria, como o citado acima, podem ser utilizados como fonte de nutrientes para os microrganismos no processo fermentativo. Ao final da

fermentação, os mais diversos produtos podem ser obtidos como enzimas, álcoois, proteínas, ácidos orgânicos, aminoácidos, metabólitos secundários, compostos aromáticos, óleos essenciais entre outros (FILHO et al., 2015).

Diversas espécies de microrganismos têm sido utilizadas na FES a partir de resíduos agroindustriais. Entretanto, os fungos possuem propriedades fisiológicas, bioquímicas e enzimáticas favoráveis à utilização na FES para produzir enzimas, por exemplo (ZEN et al., 2014; SANTOS et al., 2018). Sabendo da importância dos fungos no processo Fermentativo em Estado Sólido, a seguir foi relatado quais fungos são preferencialmente utilizados para produção de produtos biotecnológicos.

FUNGOS E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA BIOTECNOLÓGICA

Os fungos possuem uma série de aplicações industriais, estudos em Biotecnologia e Engenharia Genética vem possibilitando esses organismos a produção de seus metabólitos em larga escala. Atualmente vários produtos de origem fúngica são usados comercialmente como pesticidas biológicos, enzimas, pigmentos, vitaminas, etanol e ácidos orgânicos (SOUZA et al, 2015; ABREU, 2018).

Os fungos são utilizados na indústria alimentícia por produzirem enzimas que estão presentes nos processos de panificação, fabricação de queijos, cervejas, vinhos, fermentados e bebidas alcoólicas (TAKAHASHI, et al., 2017). Podem contribuir na indústria farmacêutica com o desenvolvimento de alguns antibióticos (SOUZA et al., 2018), além disso, estão presentes em processos biodegradáveis (SOARES et al., 2011) e tratamentos biológicos de efluentes industriais (SANTOS et al., 2019) e na biotransformação (CORTEZ, et al., 2017).

Os fungos possuem um metabolismo diversamente alternativo, o qual pode ser dividido em duas categorias específicas. Os metabólitos primários são moléculas produzidas no decorrer do crescimento vegetativo enquanto que os metabólitos secundários, são sintetizados na fase estacionária do crescimento microbiano (SBRT, 2011; SOUZA et al, 2015).

Os fungos filamentos se desenvolvem em variados tipos de substratos, sendo utilizados em aplicações industriais, com a finalidade de produzir diversos tipos de produtos biotecnológicos (TAKAHASHI, 2017). Como exemplo, um dos principais produtos utilizados pela indústria de alimentos são os ácidos orgânicos, amplamente empregados nos processos alimentícios, essencialmente como acidulantes, entretanto podem ser utilizados também como agentes aromatizantes, conservantes e tampões (CARVALHO et al., 2005).

Entre os ácidos orgânicos, um dos compostos que se destaca por sua grande aplicabilidade é o ácido cítrico. Este ácido pode ser obtido pela utilização de frutas cítricas, além de apresentar um papel crucial no metabolismo de animais e humanos durante a geração de energia, a partir da degradação de alimentos. Entretanto,

cerca de 95% do ácido cítrico comercializado mundialmente é gerado por fungos (COPETTI, 2019).

Todas as espécies conseguem sintetizar ácido cítrico, entretanto algumas espécies fúngicas produzem em quantidades elevadas, dentre as quais, algumas espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. No entanto, a espécie mais utilizada para a produção de ácido cítrico tem sido *Aspergillus niger* (MAX et al., 2010; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016; PORRO & BRANDUARTI, 2017; WANG et al., 2017).

Outros tipos de ácidos podem ser produzidos por fungos em menor escala, entre eles podemos citar, o glucônico, itacônico, ácido láctico, ácido fumárico, ácido málico, ácido tartárico, ácido succínico e ácido oxálico (KUBICEK et al., 2011; MAGNUSON et al., 2004; STEIGER et al., 2013; PORRO et al., 2017).

Outros produtos biotecnológicos que podem ser obtidos via processo fermentativo com o uso de fungos filamentosos são as enzimas, pigmentos e vitaminas (SANTOS et al., 2012; DUFOSSÉ, 2016). Dentre os fungos utilizados em processos biotecnológicos, o mais empregado para produção de enzimas (SANTOS et al., 2012) e ácidos orgânicos (WANG et al., 2017) em diversos segmentos industriais é o gênero *Aspergillus*, como descrito no próximo tópico.

FUNGOS FILAMENTOSOS: O GÊNERO ASPERGILLUS E SEÇÃO NIGRI

As espécies que constituem o gênero *Aspergillus* apresentam grande distribuição ao redor do mundo. Uma das principais características desse gênero é a coloração das colônias, podendo apresentar diferentes tonalidades de verde, amarelo, branco, marrom, cinza e preto (FRISVAD, 2015; PARK et al., 2017).

Um dos aspectos de grande importância para sua classificação são as estruturas morfológicas. As espécies que compõem o gênero, tipicamente apresentam um estipe asseptada, que termina em uma vesícula, onde crescem as células conidiogênicas, que são responsáveis pela origem dos conídios. Estes últimos podem apresentar diferentes pigmentações e ornamentações (SAMSON et al., 2014).

O grupo *Aspergillus* pode ser subdividido em quatro subgêneros: *Circumdati*, *Aspergillus*, *Nidulantes* e *Fumigati*. Além dos subgêneros, são relatadas diversas seções e metabólitos secundários específicos para cada seção (GEISER et al., 2007; HOUBRAKEN et al., 2014; SAMSON et al., 2014).

Dento do subgênero *Circumdati*, a seção *Nigri* é uma das principais seções estudadas, por possuir grande diversidade de espécies que são muito utilizadas na biotecnologia, possuindo atualmente 27 espécies (HOUBRAKEN et al., 2014; FUNGARO et al., 2017).

Várias espécies da seção *Nigri* causam deterioração de alimentos, podendo produzir micotoxinas como ocratoxina A e fumonisina B2 (SOARES et al., 2013). Por

outro lado, são espécies bastante requisitadas em diversos processos industriais para a produção de enzimas hidrolíticas, como amilases e/ou lipases, e ácidos orgânicos, tais como ácido glucônico e ácido cítrico (VARGA et al., 2011).

No entanto, dentre as espécies da seção *Nigri*, a mais utilizada em áreas biotecnológicas até o momento, é *Aspergillus niger*, devido ao seu elevado rendimento quanto à produção de enzimas extracelulares, a não toxicidade e patogenicidade, sendo considerada pela Food and Drug Administration (FDA) como GRAS - Geralmente Reconhecida Como Segura. (SCHUSTER et al., 2002; JIAO et al., 2018).

Esta espécie é também bastante versátil quanto à utilização de substrato, e possui algumas vantagens como a fácil manipulação e produção de grandes quantidades de produtos biotecnológicos (SHUESTER, 2002; PEL et al., 2007). As características citadas fazem com que *A. niger* seja muito utilizado em diversas áreas industriais como: no processamento de amido (TORRES et al., 2012), na alimentação animal (NASCIMENTO et al., 2018), na fabricação de cerveja e bebidas (OLIVEIRA et al., 2017), na indústria de papel e celulose (CAVALCANTI et al., 2018), além de produzir metabólitos bioativos, sendo incorporados em produtos fármacos (NASCIMENTO et al., 2015).

Devido à grande versatilidade que *A. niger* apresenta, muitos produtos biotecnológicos foram sintetizados via processos fermentativos. A seguir, foi realizado um enfoque em dois produtos biotecnológicos de grande importância: enzimas amilases e o ácido cítrico.

PRODUTOS BIOTECNOLÓGICOS: AMILASES E ÁCIDO CÍTRICO

Enzimas amilolíticas

Em termos mundiais, Monteiro (2009) ressalta que o Brasil representa 3,7% do mercado internacional de enzimas. Além de ser o país mais expressivo da América Latina em relação à produção de enzimas amilolíticas.

Segundo a Association of Manufacturers and Formulators of Enzyme Products (AMFEP), atualmente são comercializadas em torno de 243 enzimas, das quais aproximadamente 19% são produzidas por *Aspergillus niger*. As enzimas amilolíticas são responsáveis por 25 a 33% da produção mundial (POLITZER & BON, 2006; MONTEIRO, 2009).

As enzimas amilolíticas, estão amplamente distribuídas na natureza, sendo produzidas por animais, vegetais e principalmente por microrganismos. Esta enzima é a responsável pela hidrólise do amido (CASTRO et al., 2011; CRUZ et al., 2015), e pertence a família glicosil hidrolases (GH), sendo que esta última é dividida em diversos grupos, dependendo de suas características enzimáticas (POLIZELI et al.,

2016).

As nomenclaturas das enzimas amilolíticas propostas por Reddy et al. (2003) e Castro et al. (2011), correspondem com seu modo de ação. Os grupos de amilases foram categorizados em endoamilases, exoamilases, amilases desramificadoras e as transferases (GUPTA et al., 2003; ANTO et al., 2006; FERNANDES et al., 2007; SANTOS et al., 2012).

Esta enzima apresenta grande importância biotecnológica, podendo ser aplicada em indústrias têxteis, detergentes, papel e celulose, panificação, bebidas destiladas, cervejas, cereais para alimentação, liquefação e sacarificação do amido, ração animal, indústria química e farmacêutica (LUZ et al., 2016; SOCCOL et al., 2017; COELHO et al., 2018).

Diferentes tipos de substratos são utilizados para a produção de amilases. Dentre os substratos podem ser citados: resíduos de mandioca, batata doce, soja, café e amendoim; farelos de trigo e arroz; sementes de milho; e resíduos de frutas como uva, manga, laranja e abacaxi (MITCHELL et al., 2000; WISNIEWSKI et al., 2010; STROPARO et al., 2012. GUSMÃO et al., 2014; CRUZ et al., 2015).

Os principais produtores de enzimas amilolíticas são fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Rhizopus* (PANDEY et al., 2005). Além de enzimas, os fungos são muito utilizados também para produção de ácidos orgânicos a partir de resíduos agroindustriais. Assim, o próximo tópico enfoca um dos ácidos mais utilizados industrialmente, o ácido cítrico.

ÁCIDO CÍTRICO

O ácido 2-hidroxi-propano-1,2,3-tricarboxílico, mais conhecido como ácido cítrico, é um metabólito presente em todos os organismos que pode ser encontrado naturalmente em frutas cítricas (SHOW et al., 2015; CIRIMINNA et al., 2017). É um dos ácidos orgânicos mais produzidos no mundo anualmente, por meio de processo fermentativo. Algumas indústrias são grandes produtoras deste metabólito, porém a maior produção deste ácido é realizada pela China, responsável por mais de 50% da produção global (DHILLON et al., 2013; ANGUMEENAL et al., 2013; SHOW et al., 2015).

Alguns microrganismos já foram listados como produtores de ácido cítrico em processos fermentativos, dentre eles podem ser citados fungos, bactérias e leveduras (CARVALHO et al., 2005; PASTORE et al., 2011). Entretanto, para a produção industrial de ácido cítrico o microrganismo amplamente utilizado é o fungo *Aspergillus niger* (SHOW et al., 2015).

Desde 1916 James Currie, um químico americano, verificou que algumas linhagens de *Aspergillus niger* excretavam quantidades significativas de ácido cítrico quando cultivadas sob condições específicas: meio com alta concentração de

açúcar, sais minerais e pH entre 2,5 a 3,5. Isso levou a grande produção industrial deste ácido por via fermentativa, principalmente por processo submerso (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016).

Devido à grande demanda mundial de ácido cítrico, uma alternativa seria reduzir os custos de produção deste ácido utilizando os resíduos agroindustriais nos diferentes processos fermentativos. Autores como Soccol et al. (2006) e Show et al. (2015) descreveram algumas matérias primas utilizadas para produção de **ácido** cítrico: resíduos de cervejaria, bagaço de cana-de-açúcar, permeado de soro de leite, bagaço de mandioca, farelo de milho, casca de café, resíduos de abacaxi e laranja, entre outros (SOCCOL et al., 2006; SHOW et al., 2015).

O rendimento da produção de ácido cítrico com os mais diversos resíduos agroindustriais já foi citado por alguns autores. Aqueles que apresentaram bom rendimento de ácido cítrico, por exemplo, foram o filtrado de farinha de milho (173,2 g/L), meio de milho liquefeito (151,67 g/L) e a combinação de bagaço de cana com farelo de trigo (185 g/Kg) (JÚNIOR et al., 2017; WANG et al., 2017; WANG et al., 2015).

Devido as propriedades químicas que a molécula de *ácido cítrico* apresenta, este metabólito pode ser utilizado em diversos segmentos industriais. A maior parte da produção deste ácido é utilizada pela indústria de alimentos, um total de aproximadamente 70%. Pode ser utilizado como aditivo, por sua propriedade acidulante, agente quelante, tamponante e antioxidante (SOCCOL et al., 2006; MAJUMDER et al., 2010; ANGUMEENAL et al., 2013; ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016).

Outros 12% da produção de ácido cítrico se destina a indústria farmacêutica e 18% para diversas outros setores como agricultura, detergentes, cosméticos e produtos de higiene (MAJUMDER et al. 2010; BAUWELEERS et al., 2014; MAGALHÃES et al., 2019). Assim, pode ser verificada a importância deste ácido em diversos segmentos industriais e seus respectivos produtos, devido as suas mais diversas propriedades como: agente flavorizante, acidulante, emulsificante, antioxidante, tamponante, quelante de metais, anticoagulante entre outras funções.

CONCLUSÃO

Esta revisão foi direcionada para a obtenção de produtos biotecnológicos por meio de resíduos agroindustriais. Foi abordado o potencial da reutilização de resíduos da agroindústria associado à fermentação, por meio da utilização de microrganismos com o intuito de gerar um produto biotecnológico. Atualmente, o ácido cítrico é o ácido orgânico mais produzido no mundo, e a enzima amilase também é um produto com uma ampla gama de aplicações. Devido à grande demanda destes produtos, é de suma importância pesquisar novas linhagens microbianas que possam ser

capazes de fermentar substratos alternativos, como os resíduos agroindustriais, e proporcionar um processo de produção mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. S.; PAMPHILE, J. A. Fungos De Interesse: Aplicações Biotecnológicas. **Revista Uningá Review**, vol. 21, nº 1, 2018.
- ADITIVOS & INGREDIENTES. Ácido cítrico ou citrato de hidrogênio. **Aditivos & Ingredientes**, p. 30-35, 2016.
- ANGUMEENAL, A. R.; VENKAPPAYYA, D. An overview of citric acid production. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 50, nº 2, p. 367–370, 2013. doi:10.1016/j.lwt.2012.05.016
- ANTO, H.; TRIVEDI, U. B.; PATEL, K. C. Glucoamylase production by solid-state fermentation using rice flake manufacturing waste products as substrate. **Bioresource Technology**, vol. 97, p. 1161-1166, 2006.
- BAUWELEERS, H. M. K.; DOMINIQUE R. G.; VAN PEIJ N. N. M. E. **Genes useful for the industrial production of citric acid**. Patente dos EUA, No. 8.637.280, 2014.
- CARVALHO, W.; SILVA, D. D. V.; CANILHA, L.; MANCELHA, I. M. Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa parte I: ácidos orgânicos. **Revista Analytica**, vol. 18, p. 70-76, 2005.
- CASTRO, A. M., CASTILHO, L. R., & FREIRE, D. M. G. An overview on advances of amylases production and their use in the production of bioethanol by conventional and non-conventional processes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, vol. 1, nº 4, p. 245–255, 2011. doi:10.1007/s13399-011-0023-1
- CASTRO, A. M.; JUNIOR, N. P. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, vol. 33, nº 1, p. 181-188, 2010.
- CIRIMINNA, R.; MENEGUZZO, F.; DELISI, R.; PAGLIARO, M. Citric acid: Emerging applications of key biotechnology industrial product. **Chemistry Central Journal**, vol. 11, nº 1, 2017. doi:10.1186/s13065-017-0251-y.
- COELHO, G. D.; SOUSA, J. P.; LIMA, C. A.; LINS, S. A. S. Potencial de Fungos da Caatinga para Produção de Enzimas Amilolíticas. **Revista Saúde e Ciência Online**, vol. 7, nº 2, 502 p, 2018.
- COPETTI, M. V. Fungi as Industrial Producers of Food Ingredients. **Current Opinion in Food Science**, vol. 25, p. 52–56, 2019. Crossref, doi:10.1016/j.cofs.2019.02.006.
- CORTEZ, D. V.; CASTRO, H. F.; ANDRADE, G. S. S. Potencial Catalítico de Lipases ligadas ao micélio de Fungos Filamentosos em Processos de Biotransformação. **Química Nova**, vol.40, nº 1, p.85-96, 2017. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20160163>.
- COUTO, S. R.; SANROMÁN, M. A. Application of solid-state fermentation to food industry—a review. **Journal of Food Engineering**, vol. 76, nº 3, p. 291-302, 2006.
- CRUZ, E. A.; MELO, M. C.; SANTANA, N. B.; FRANCO, M.; SANTANA, R. S. M.; SANTOS, L. S.; GONÇALVES, Z. S. Produção de Alfa-Amilase por *Aspergillus niger* em Resíduo de Cascas de Mandioca. **Journal of Health Sciences**, vol. 13, nº. 4, 2015. doi:10.17921/2447-8938.2011v13n4p%p.
- DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; KAUR, S.; VERMA, M. Bioproduction and extraction optimization of citric acid from *Aspergillus niger* by rotating drum type solid-state bioreactor. **Industrial Crops and Products**, vol. 41, p. 78–84, 2013.

DUFOSSE, L. Current and potential natural pigments from microorganisms (bacteria, yeasts, fungi, microalgae). In: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. **Woodhead Publishing**, 1ª edição, cap. 16, p. 337-354, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00016-6>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

FERNANDES, L. P.; ULHOA, C. J.; ASQUIERI, E. R.; MONTEIRO, V. N. Produção de amilases pelo fungo *Macrophomina phaseolina*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, vol. 4, nº 1, p. 43–51, 2007.

FILHO, W. B. N.; FRANCO, C. R. Potential Assessment of Waste Produced Through the Agro-Industrial Processing in Brazil. **Revista Virtual de Química**, vol. 7, nº. 6, p. 1968–1987, 2015. doi:10.5935/1984-6835.20150116.

FRISVAD, J. C.; LARSEN, T. O. Chemodiversity in the Genus *Aspergillus*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, vol. 99, nº 19, p. 7859–77, 2015. DOI.org (Crossref), doi:10.1007/s00253-015-6839-z.

FUNGARO, M. H. P.; FERRANTI, L. S.; MASSI, F. P.; SILVA, J. J.; SARTORI, D.; TANIWAKI, M. H.; FRISVAD, J. C.; IAMANAKA, B. T. *Aspergillus labruscussp. nov.*, a new species of *Aspergillus* section *Nigri* discovered in Brazil. **Scientific Reports**, vol. 7, nº 1, p. 1-9, 2017. doi:10.1038/s41598-017-06589-y.

GEISER, D. M.; KLICH, M. A.; FRISVAD, J. C.; PETERSON, S. W.; VARGA, J.; SAMSON, R. A. The Current Status of Species Recognition and Identification in *Aspergillus*. **Studies in Mycology**, vol. 59, p. 1–10, 2007. DOI.org (Crossref), doi:10.3114/sim.2007.59.01.

GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V.K.; CHAUHAN, B. Microbial α -amylases: a biotechnological perspective. **Process Biochemistry**, vol. 38, p. 1599-1616, 2003.

GUSMÃO, R. O.; FERRAZ, L. M.; RÊGO, A. P. B.; ASSIS, F. G. V.; LEAL, P. L. Produção de enzimas por *Aspergillus spp.* sob fermentação em estado sólido em casca de café. **Scientia Plena**, vol. 10, nº 11, 2014. <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2052>.

HOUBRAKEN, J.; VRIES, R. P.; SAMSON, R. A. Modern taxonomy of biotechnologically important *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Advances in Applied Microbiology**, vol. 86, p. 199–249, 2014. doi: 10.1016/B978-0-12-800262-9.00004-4.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola- maio 2019**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – SIDRA, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acessado em: 13/06/2019.

JIAO, J.; GAI, Q. Y.; WANG, W.; ZANG, Y. P.; NIU, L. L.; FU, Y. J.; WANG, X. Remarkable enhancement of flavonoid production in a co-cultivation system of *Isatis tinctoria* L. hairy root cultures and immobilized *Aspergillus niger*. **Industrial Crops and Products**, vol. 112, p. 252-261, 2018.

KAREEM, S. O.; AKPAN, I.; ALEBIOWU, O. O. Production of citric acid by *Aspergillus niger* using pineapple waste. **Malaysian Journal of Microbiology**, vol 6, nº 2, p.161-165, 2010.

KRISHNA, C. Solid-state fermentation system - An overview. **Critical Reviews in Biotechnology**, vol. 25, p. 1-30, 2005.

KUBICEK, C. P.; PUNT, P.; VISSER, J. Production of organic acids by filamentous fungi. In: Industrial applications. **Springer**, p. 215-234, 2011.

LUZ, B. D. S.; BICAS, J. L.; SARROUH, B.; LOFRANO, R. C. Z. Bioprospecção de microrganismos produtores de enzimas de interesse industrial realizada no Parque Estadual Serra do Ouro Branco, Brasil. **Revista Multidisciplinar da Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde da Unigran -**

Interbio, vol. 10, nº 1, p. 13-14, 2016.

MAGALHÃES, N.; CAVALCANTE, A. V.; ANDRADE, L. S.; WANDERLEY, C. R. P.; MARINHO, G.; PESSOA, K. A. R. Produção de ácido cítrico por *Aspergillus niger* AN 400 a partir de resíduo agroindustrial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 24, nº 1, p. 101-107, 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019167153>

MAGNUSON, J. K.; LASURE, L. L. Organic acid production by filamentous fungi. In: **Advances in fungal biotechnology for industry, agriculture, and medicine**. Springer, Boston, p. 307-340, 2004.

MAJUMDER, L.; KHALIL, I.; MUNSHI, M.K.; ALAM, K.; RASHID, H.; BEGUM, R.; ALAM, N. Citric acid production by *Aspergillus niger* using molasses and pumpkin as substrates. **European Journal of Biological Sciences**, vol. 2, nº 1, p. 1–8, 2010.

MAX, B.; SALGADO, J. M.; RODRÍGUEZ, N.; CORTÉS, S.; CONVERTI, A.; DOMÍNGUEZ, J. M. Biotechnological production of citric acid. **Brazilian Journal of Microbiology**, vol. 41, nº 4, p. 862–875, 2010. doi:10.1590/S1517-83822010000400005.

MENEGOL, D.; REIS, L.; FONTANA, R. C.; DILLON, A. J. P.; CAMASSOLA, M. Hidrólise enzimática de capim-elefante pelo complexo enzimático de *Penicillium echinulatum* produzido em cultivo em estado sólido e em cultivo submerso. **XII Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática - ENZITEC 2016**, p. 1-4, 2016.

MITCHELL, D. A.; BEROVIC, M.; KRIEGER, N. Biochemical engineering aspects of solid state bioprocessing. **Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology**, vol. 68, p. 61-138, 2000.

MONTEIRO, V. N.; SILVA, R. N. **Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. Processos Químicos**. Goiânia, vol.3, nº 5, p. 9-23, 2009. AMFEP. (2015). List of enzymes. Disponível a 19 de junho, 2019, em [http://www.amfep.org/sites/g/files/g412356/f/201505/Amfep List of Enzymes update May 2015.pdf](http://www.amfep.org/sites/g/files/g412356/f/201505/Amfep%20List%20of%20Enzymes%20update%20May%202015.pdf)

MORAES, S. L.; MASSOLA, C. P.; SACCOCCIO, E. M.; SILVA, D. P.; GUIMARÃES, Y. B. T. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, vol. 1, nº 4, 2017. Disponível em: <http://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/view/37/33>.

NASCIMENTO, R. A. L.; ALVES, M. H. M. E.; FREITAS, J. H. E. S.; MANHKE, L. C.; LUNA, M. A. C.; SANTANA, K. V.; NASCIMENTO, A. E.; SILVA, C. A. A. Aproveitamento da água de maceração de milho para produção de compostos bioativos por *Aspergillus niger* (ucp/wfcc 1261). **Revista e-xacta**, vol. 8, nº 1, p. 15-29, 2015.

NAVES, R. F.; FERNANDES, F. S.; PINTO, O. G.; NAVES, P. L. F. Contaminação microbiana nas etapas de processamento e sua influência no rendimento fermentativo em usina alcooleira. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, nº 11, p. 1-16, 2010.

OLIVEIRA, F. M. B.; LEITE, T. C. C.; NASCIMENTO, T. C. E. S.; MOREIRA, K. A.; SENA, A. R. Purificação parcial de tanase produzida por *Aspergillus niger* URM 7131 sob fermentação submersa. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, vol. 7, nº 2, p.358-362, 2017.

PANDEY, A.; WEBB, C.; SOCCOL, C.R.; LARROCHE, C. Enzyme Technology. 1ª ed. **New Delhi: Asiatech Publishers, Inc**, p. 1-760, 2005.

PARK, H. S.; JUN, S. C.; HAN, K. H.; HONG, S. B.; YU, J. H. Diversity, Application, and Synthetic Biology of Industrially Important *Aspergillus* Fungi. **Advances in Applied Microbiology- Elsevier**, vol. 100, p. 161–202, 2017. doi:10.1016/bs.aambs.2017.03.001.

PASTORE, N. S.; HASAN, S. M.; ZEMPULSKI, D. A. Produção de ácido cítrico por *Aspergillus niger*: avaliação de diferentes fontes de nitrogênio e de concentração de sacarose. **Engevista**, vol. 13, nº 3,

PEL, H. J., et al. Genome sequencing and analysis of the versatile cell factory *Aspergillus niger* CBS 513.88. **Nature Biotechnology**, vol. 25, nº 2, p. 221–231, 2007. doi:10.1038/nbt1282

PORRO, D.; BRANDUARDI, P. Production of Organic Acids by Yeasts and Filamentous Fungi. In: **Biotechnology of Yeasts and Filamentous Fungi** - Springer, p. 205-223, 2017.

REDDY, N.; NIMMAGADDA, A.; SAMBASIVA RAO, K. R. S. Na Overview of the Microbial α -amylase Family. **African Journal Biotechnology**. vol. 2, nº 12, p. 645-648, 2003.

SAMSON, R. A.; VISAGIE, C. M.; HOUBRAKEN, J.; HONG, S.B.; HUBKA, V.; KLAASSEN, C. H.; PERRONE, G.; SEIFERT, K. A.; SUSCA, A.; TANNEY, J. B.; VARGA, J.; KOCSUBÉ, S.; SZIGETI, G.; YAGUCHI, T.; FRISVAD, J.C. Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. **Studies in Mycology**, vol. 78, p. 141–173, 2014. doi:10.1016/j.simyco.2014.07.004.

SANTOS, D. T.; SARROUH, B. F.; SANTOS, J. C.; PÉREZ, V. H.; SILVA, S. S. Potencialidades e aplicações da fermentação semi-sólida em biotecnologia. **Janus**, vol. 3, nº. 4, 2017.

SANTOS, G. E.; OLIVEIRA, P. C. C.; WANDERLEY, C. R. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Uso de reator com fungos para tratamento de água residuária têxtil e viabilidade de reúso do efluente final em reúso macrointerno. **Revista DAE**, vol. 67, nº 217, p. 47–59, 2019. doi:10.4322/dae.2019.022.

SANTOS, L.; KOTOVICZ, V.; BARANA, A. C.; ALMEIDA, M. M. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de amiloglucosidase por *Aspergillus awamori*. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, vol. 6, nº 1, 2012. doi:10.3895/S1981-36862012000100004.

SANTOS, P. S.; SOLIDADE, L. S.; SOUZA, J. G. B.; SAMPAIO, G.; JUNIOR, A. C. R. B.; ASSIS, F. G. V.; LEAL, P. L. Fermentação em estado sólido em resíduos agroindustriais para a produção de enzimas: uma revisão sistemática. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, vol. 4, nº. 2, p. 181–188, 2018. doi:10.18540/jcecvl4iss2pp0181-0188.

SBRT, **Biotecnologia na produção de alimentos-dossiê técnico**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. p. 1-32. 2011. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY3Ng>.

SCHUSTER, E.; DUNN-COLEMAN, N.; FRISVAD, J.; VAN DIJCK, P. On the safety of *Aspergillus niger* – a review. **Applied Microbiology Biotechnology**, vol. 59, p. 426, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00253-002-1032-6>

SHOW, P. L.; OLADELE, K. O.; SIEW, Q. Y.; ZAKRY, F. A. A.; LAN, J. C. W.; LING, T. C. Overview of citric acid production from *Aspergillus niger*. **Frontiers in Life Science**, vol. 8, nº 3, p. 271-283, 2015. DOI: 10.1080/21553769.2015.1033653

SOARES, C. M. G.; ABRUNHOSA, L.; VENÂNCIO, A. Fungos produtores de micotoxinas. **Portuguese Society for Microbiology Magazine**, p. 1-9, 2013.

SOARES, I. A., FLORES, A. C., MENDONÇA, M. M., BARCELOS, R. P., & BARONI, S. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. **Arquivos do Instituto Biológico**, vol. 78, nº 2, p. 341-350, 2011.

SOCCOL, C. R.; DA COSTA, E. S. F.; LETTI, L. A. J.; KARP, S. G.; WOICIECHOWSKI, A. L.; VANDENBERGHE, L. P. S. (2017). Recent developments and innovations in solid state fermentation. **Biotechnology Research and Innovation**, vol. 1, nº 1, p. 52-71, 2017

SOCCOL, C. R.; VANDENBERGHE, L. P. S.; RODRIGUES, C.; PANDEY, A. New Perspectives for Citric Acid Production and Application. **Food Technology and Biotechnology**. vol. 44, nº 2, p. 141–149, 2006.

SOUZA, F. R. A.; MUNIZ, C. B. O.; LIMA, C. A.; BORGES, E. M. E. S.; CAVALCANTE, L. E.; AMORIM, L. A. S.; QUEIROZ, J. C. F. Produção e avaliação de antibiótico obtido por fermentação semissólida pelo fungo *cda71*. **Revista Saúde & Ciência Online**, vol. 7, nº 2, p. 370-378, 2018.

SOUZA, P. M.; BITTENCOURT, M. L. A.; CAPRARA, C. C.; FREITAS, M.; ALMEIDA, R. P. C.; SILVEIRA, D.; FONSECA, Y. M.; FILHO, E. X. F.; JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, P. O. A Biotechnology Perspective of Fungal Proteases. **Brazilian Journal of Microbiology**, vol. 46, nº 2, p. 337–46, 2015. doi:10.1590/S1517-838246220140359.

STEIGER, M. G.; BLUMHOFF, M. L.; MATTANOVICH, D.; SAUER, M. Biochemistry of microbial itaconic acid production. **Frontiers in Microbiology**, vol. 4, nº 23, p. 1-5, 2013. doi: 10.3389/fmicb.2013.00023

STROPARO, E. C.; BEITEL, S. M.; RESENDE, J. T. V.; KNOB, A. Seleção de fungos filamentosos e de resíduos agroindustriais para a produção de enzimas de interesse biotecnológico. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 33, nº 6, p. 2267–2278, 2012. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n6p2267.

TAKAHASHI, Jacqueline Aparecida et al. Fungos filamentosos e química: velhos conhecidos, novos aliados. **Revista Virtual de Química**, vol. 9, nº 6, p. 2351-2382, 2017.

THOMAS, L.; LARROCHE, C.; PANDEY, A. Current developments in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, vol. 81, p. 146-161, 2013.

VARGA, J.; FRISVAD, J. C.; KOCSUBÉ, S.; BRANKOVICS, B.; TÓTH, B.; SZIGETI, G.; SAMSON, R. A. New and Revisited Species in *Aspergillus* Section *Nigri*. **Studies in Mycology**, vol. 69, p. 1–17, 2011. doi:10.3114/sim.2011.69.01.

WANG, B. LI, H.; ZHU1, L.; TAN, F.; LI1, Y.; ZHANG, L.; DING, Z.; SHI1, G. High-Efficient production of citric acid by *Aspergillus niger* from high concentration of substrate based on the staged-addition glucoamylase strategy. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, vol. 40, nº 6, p. 891–99, 2017. doi:10.1007/s00449-017-1753-7

WANG, L.; ZHANG, J.; CAO, Z.; WANG, Y.; GAO, Q.; ZHANG, J.; WANG, D. Inhibition of oxidative phosphorylation for enhancing citric acid production by *Aspergillus niger*. **Microbial CellFactories**, vol. 14, nº 1, p. 7, 2015. doi:10.1186/s12934-015-0190-z.

ZEN, C. K.; SILVA, K. P.; REINEHR, C.O.; BERTOLIN, T. E.; COLLA, L. M. Introdução da síntese de lipídios e proteínas por *Aspergillus niger*. **Revista CIATEC-UPF**, vol.6, nº 2, p.40-47, 2014.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS - Graduado em Tecnologia em Agroecologia, Mestre e Doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência em Ciências Agrárias, atuando nos seguintes temas: Agricultura Sustentável, Uso de Resíduos Sólidos Orgânicos, Indicadores de Sustentabilidade, Substratos e Propagação de Plantas, Plantas nativas e medicinais, Estresse por Alumínio em Sementes, Crescimento, Ecofisiologia, Nutrição e Metabolismo de Plantas, Planejamento e Análises de Experimentais Agrícolas. (E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura familiar 10, 12, 14, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 29, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 114, 119, 163

Agricultura sustentável 20, 22, 24, 27, 28, 64, 65, 116, 117, 173

Amilase 123, 130, 131

Aspergillus 123, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135

B

Biodiversidade 2, 24, 45, 51, 52, 53, 54, 57, 67, 71, 92, 102, 147, 162, 163

C

Cerrado 43, 44, 45, 46, 50, 64

D

Desenvolvimento sustentável 18, 25, 28, 29, 53, 54, 56, 59, 60, 64, 65, 70, 73, 74, 78, 81, 87, 119, 163, 172

E

Educação ambiental 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88

Etnobiologia 43

Etnobotânica 43, 44, 45, 46, 51, 52

F

Floresta estacional semidecidual 136, 137, 146

H

Herpetofauna 66, 67, 68, 69, 70

Homeopatia 116, 117, 118, 119, 121, 122

P

Plantas úteis 43, 52

R

Regime alimentar 89, 94, 97, 99

Resíduos agroindustriais 123, 125, 126, 129, 130, 131, 134, 135

Rizobactérias 156

S

Segurança alimentar 9, 10, 17, 45, 50, 56, 62, 63, 67, 69, 93

Semiárido 18, 52, 102, 103, 114, 115, 116

Sustentabilidade 1, 4, 10, 12, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27, 29, 54, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 78, 79, 116, 117, 173

T

Troca de saberes 1

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-735-2



9 788572 477352