

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**PROFESSOR ORIENTADOR: Adilson José da Silva**

**TÍTULO: Produção de lipases para obtenção de produtos derivados de óleos da Amazônia**

**RESUMO:**

Os produtos derivados da Amazônia brasileira possuem um imenso potencial mercadológico, e os óleos da castanha do Brasil e do babaçu são dois produtos de destaque neste cenário. A produção destes óleos por cooperativas locais, que mantém parcerias com povos indígenas para a coleta dos frutos da floresta, representa uma forma responsável de promover o desenvolvimento da região. Já existe ampla aplicação destes óleos na indústria cosmética e alimentícia, entretanto, novos produtos derivados dos mesmos podem aumentar sua demanda, impulsionando o desenvolvimento econômico sustentável das comunidades locais e diversificando o portfólio de produtos derivados da floresta. Dentro desse contexto, e inserido em um projeto mais amplo de desenvolvimento de uma biorrefinaria multipropósito de produtos amazônicos, este tema de doutorado propõe a produção de lipases para conversão dos óleos de castanha do Brasil e de babaçu em produtos derivados de maior valor agregado. As lipases são enzimas versáteis que desempenham um papel fundamental na indústria devido às suas diversas aplicações, entre as quais destacam-se a modificação de óleos, a síntese de ésteres, produção de biodiesel, entre outras. Sua produção pode ser realizada por diferentes classes de microrganismos, e em variadas condições de processo. Neste projeto, em parceria com a Profa. Fernanda Casciotori, várias abordagens serão empregadas para obtenção de lipases a partir de fungos filamentosos cultivados em resíduos do processo de obtenção dos óleos de castanha do Brasil e babaçu, bem como de bactérias geneticamente modificadas para obtenção de enzimas com características diferenciadas em termos de termoestabilidade, atividade enzimática, parâmetros cinéticos, etc. Dessa forma, pretende-se obter um conjunto de lipases com propriedades adequadas para a conversão dos óleos em questão em novos produtos de maior valor agregado, contribuindo para o fortalecimento da cadeia de produtos oriundos da floresta com potencial benefício direto para as comunidades amazônicas.

**PALAVRAS-CHAVE: Fermentação submersa, Fermentação em estado sólido, Biologia Molecular, Biorrefinaria**

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**DOCENTE ORIENTADOR: Alberto Colli Badino Junior**

**TÍTULO: Avaliação das condições de cultivo e de operação em biorreatores na produção de bioinsumos agrícolas**

Bioinsumos ou insumos biológicos são produtos, processos ou tecnologias de origem biológica para uso sistemas agrícolas, pecuários, florestais e aquáticos.

Os bioinsumos agrícolas são bioprodutos oriundos de cultivos de microrganismos (bactérias ou fungos) aplicados como promotores de crescimento de plantas e no biocontrole de doenças ou pragas.

No presente tema de tese de doutorado serão avaliados os efeitos das condições de cultivo e de operação em biorreatores convencionais (tipo tanque agitado e aerado) e não convencionais pneumáticos (coluna de bolha e airlift) na produção de bioinsumos por microrganismos endofíticos isolados do Cerrado de São Carlos (SP), que integram a Coleção de Microrganismos idealizada e administrada pelo Prof. Dr. Paulo Teixeira Lacava do Departamento de Morfologia e Patologia da UFSCar.

Pretende-se desenvolver protocolos de produção de bioinsumos empregando diferentes técnicas de Engenharia de Bioprocessos, de forma a se obter produtos com alta concentração celular e de esporos, eficiência de esporulação e resistência térmica para posterior aplicação em casa de vegetação e no campo.

**Palavras-chaves:** bioinsumos, biorreatores tipo tanque agitado, biorreatores pneumáticos.

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**DOCENTE ORIENTADOR: Alberto Colli Badino Junior**

**TÍTULO: Avaliação da fermentação alcoólica extrativa com altos teores de substrato (VHG) e de células (HCD) com levedura termotolerante**

Na safra de 2020/2021, a produção de etanol no Brasil, majoritariamente a partir de sacarose (etanol 1G), alcançou cerca de 27,7 bilhões de litros, representando 27% da produção mundial, ficando atrás apenas da produção dos Estados Unidos que detêm 55% da produção global (Renewable fuels association, 2021).

Apesar de já bem estabelecido, o processo de produção de etanol ainda apresenta limitações técnicas e pode ser melhorado com o desenvolvimento e implantação de novas tecnologias visando o aumento da produção e a redução de custos. O baixo teor de etanol alcançado no vinho é a principal limitação do processo de fermentação alcoólica nas destilarias. O etanol se acumula do caldo fermentativo e atinge níveis tóxicos, agindo como inibidor não competitivo do metabolismo da levedura e afetando a produtividade do processo. Uma das formas de contornar este problema é a produção de etanol em cultivos sob temperaturas mais altas e por fermentação extrativa removendo continuamente o inibidor (etanol) do caldo fermentativo. Nos últimos anos, nosso grupo de pesquisa tem avançado em estudos relacionados com a fermentação alcoólica extrativa promovendo a remoção de etanol por CO<sub>2</sub> pela técnica conhecida por esgotamento (*stripping*). Alternativamente, a melhoria do desempenho do processo em termos de produtividade e diminuição da produção de vinhaça pode ser conquistada pela utilização de leveduras termotolerantes. Nesse sentido, o presente tema de tese tem como objetivo avaliar a fermentação alcoólica extrativa utilizando levedura termotolerante isolada de uma unidade industrial de produção de etanol. Pretende-se numa primeira etapa avaliar as fermentações alcoólicas convencional e extrativa em temperaturas de até 40 °C sob diferentes condições de remoção de etanol (*stripping* com CO<sub>2</sub>) e sem/com reativação da levedura. Numa etapa subsequente, propõe-se realizar fermentações alcoólicas extrativas nas melhores condições de remoção de etanol com altas cargas de substrato (Fermentação VHG) e de células (Fermentação HCD) e comparar os resultados com os obtidos nas fermentações convencionais sem a remoção de etanol.

**Palavras-chaves:** bioetanol, fermentação alcoólica extrativa, processo integrado, *stripping*, alta carga de substrato (Fermentação VHG), alta carga de células (Fermentação HCD).

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**DOCENTE ORIENTADOR: Alberto Colli Badino Junior**

**TÍTULO: Produção de ácidos orgânicos a partir de melão e vinhaça de soja**

O aproveitamento eficiente de resíduos agroindustriais é muito vantajoso, pois elimina o problema ambiental de descarte inadequado de grande quantidade de biomassa e possibilita o aproveitamento desses resíduos para a geração de produtos químicos de valor comercial. Nas regiões sudeste, nordeste e centro-oeste há grande geração de resíduos e subprodutos da indústria de derivados de soja, sobretudo o melão e vinhaça de soja que poderiam ser empregados como substratos na produção de biomoléculas de interesse. Nesse contexto, o presente tema de tese de doutorado pretende-se investigar a viabilidade da utilização destes substratos de forma independente ou combinada na produção de ácidos orgânicos, que apresentam potenciais como precursores (*building block*) na geração de novas moléculas de amplo uso industrial. Pretende-se avaliar a influência de diferentes variáveis como distintas linhagens produtoras, etapas simultâneas ou sequenciais de hidrólise e de fermentação, pH, temperatura, teores de melão e de vinhaça de soja e condições de operação do biorreator. Pretende-se também avaliar a viabilidade técnico-financeira complementada com o ciclo de vida dos produtos e uma análise preliminar de purificação dos ácidos orgânicos obtidos.

**Palavras-chaves:** fermentação, ácidos orgânicos, melão de soja, vinhaça de soja.

## TEMA PARA MESTRADO – EDITAL Nº 01/2021 (MESTRADO)

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**PROFESSOR: Paulo Waldir Tardioli**

**TÍTULO: Síntese enzimática de triglicerídeos estruturados com propriedades nutracêuticas**

### RESUMO

As características nutricionais e funcionais dos óleos e gorduras dependem de suas composições em ácidos graxos saturados e insaturados, do comprimento das cadeias dos ácidos graxos, assim como da distribuição destes na cadeia dos triglicerídeos (TAGs). TAGs compostos por ácidos graxos de cadeia média nas posições *sn*-1 e *sn*-3 possuem algumas vantagens em relação àqueles contendo ácidos graxos de cadeia longa, tais como, maior velocidade de hidrólise do TAG pela lipase pancreática, menor valor calórico (prevenindo a obesidade), melhoria do sistema imunológico, diminuição do risco de câncer e dos níveis de colesterol. Alguns exemplos de ácidos graxos de cadeia média são o capríco, caprílico e cáprico, os quais não se depositam no tecido adiposo e são metabolizados diretamente no fígado. Além disso, ácidos graxos poli-insaturados, tais como, ácidos  $\alpha$ -linolênico, eicosapentaenoico e docosahexaenoico (ácidos graxos essenciais do tipo ômega-3) possuem vários benefícios à saúde humana, como por exemplo a redução de riscos de doenças cardiovasculares. Portanto, TAGs estruturados com ácidos graxos de cadeia média nas posições *sn*-1 e *sn*-3 do glicerol e ácidos graxos de cadeia longa na posição *sn*-2, ou seja, TAGs do tipo MLM, apresentam características extremamente benéficas para o bom desenvolvimento e manutenção da saúde. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é a síntese enzimática controlada de TAGs do tipo MLM por esterificação do glicerol com ácido caprílico (C8:0, naturalmente presente no óleo de coco, óleo de palma e no leite materno) catalisada por lipases estritamente 1,3-específicas, e com ácido docosahexaenoico (DHA, naturalmente presente em frutos do mar e peixes de água fria), catalisada por lipases 2-específicas ou não-específicas.

A pesquisa será desenvolvida no **Laboratório de Processos Enzimáticos** (LabEnz) do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. Para informações sobre a área de pesquisa Engenharia Bioquímica visite o site <https://www.deq.ufscar.br/pt-br/areas-de-pesquisa/engenharia-bioquimica-1>. Para informações sobre a formação e a qualificação do professor, bem como de sua produção científica, acadêmica e formação de recursos humanos, podem ser consultadas em ORCID *Connecting research and researchers* (<https://orcid.org/0000-0002-5011-9881>) e Lattes/CNPq (<http://lattes.cnpq.br/0808991927126468>). Para maiores informações, contacte o professor pelo e-mail [pwtardioli@ufscar.br](mailto:pwtardioli@ufscar.br).

**Palavras-chaves:** TAGs; nutracêuticos; ácido octanóico; ácido docosahexaenoico; lipases

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**PROFESSOR: Paulo Waldir Tardioli**

**TÍTULO: Modificação enzimática de óleos vegetais da Amazônia: síntese de produtos para os setores de combustíveis e lubrificantes**

**RESUMO:**

A região amazônica brasileira se destaca no cenário mundial pelo enorme potencial de sua flora. Há várias espécies oleaginosas, com destaque para as palmeiras nativas (espécimes de babaçu, buriti e açaí, por exemplo) e as castanheiras. O extrativismo sustentável dessa região fornece produtos de grande valor econômico. Essa é uma atividade tradicional dos povos que vivem na floresta, tanto em terras indígenas quanto nas reservas extrativistas. Dentre os inúmeros produtos do extrativismo (vegetal) da Amazonia, pode-se citar o cacau, a castanha-do pará, o fruto do açaí e do babaçu (cocos). Esses produtos são fontes de óleos de interesse no mercado nacional e internacional, com destaque para a indústria de alimentos e cosmética. Embora os óleos *in natura* da Amazonia já tenham um mercado consolidado, a sua modificação pode gerar produtos de maior valor agregado, além de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da região e dos povos indígenas. Portanto, esse projeto tem por objetivo agregar valor aos óleos da Amazônia (particularmente o óleo de babaçu) por meio de modificações enzimáticas catalisadas por lipases (comerciais e *home-made*). Esse óleo apresenta em sua composição triglicérides contendo de 40 a 55% de ácido láurico (C12:0), o que pode contribuir para uma maior estabilidade termo-oxidativa de produtos para uso em operações a alta temperatura por tempo prolongado. Dentre as diversas modificações possíveis, neste projeto serão avaliadas: (i) transesterificação de óleo de babaçu com carboidratos simples (xilose, por exemplo) visando produzir emulsificantes não iônicos (ésteres graxos de açúcares) com propriedades físico-químicas similares ou melhoradas em relação ao disponível no mercado (laurato de sacarose); (ii) transesterificação de óleo de babaçu com álcoois de cadeia curta (etanol, por exemplo) visando produzir biodiesel; (iii) transesterificação de óleo de babaçu com compostos monohidroxilados ou polihidroxilados de cadeia ramificada (álcool isoamílico e trimetilolpropano) visando produzir ésteres com propriedades físico-químicas e tribológicas adequadas para uso como bases estoques de biolubrificantes.

**Observação:** Este tema está incluído na área de abrangência do PRH 39 ANP/FINEP – Biocombustíveis e Energias Alternativas - e poderá ser beneficiado com bolsa de estudos deste Programa. Mais informações sobre o PRH 39 podem ser obtidas no link: <https://www.deq.ufscar.br/pt-br/prh-anp/prh-anp-1>.

**Informações do docente:** ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-5011-9881>) e Lattes/CNPq (<http://lattes.cnpq.br/0808991927126468> ). Para maiores informações, contacte o professor pelo e-mail [pwtardioli@ufscar.br](mailto:pwtardioli@ufscar.br).

**Palavras-chaves:** óleos da Amazônia; modificações enzimáticas; lipases; produtos de valor agregado

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**PROFESSOR: Paulo Waldir Tardioli**

**TÍTULO: Modificação enzimática de óleos vegetais da Amazônia: síntese de produtos para a indústria de alimentos e de cosméticos**

**RESUMO:** A região amazônica brasileira se destaca no cenário mundial pelo enorme potencial de sua flora. Há várias espécies oleaginosas, com destaque para as palmeiras nativas (espécimes de babaçu, buriti e açaí, por exemplo) e as castanheiras. O extrativismo sustentável dessa região fornece produtos de grande valor econômico. Essa é uma atividade tradicional dos povos que vivem na floresta, tanto em terras indígenas quanto nas reservas extrativistas. Dentre os inúmeros produtos do extrativismo (vegetal) da Amazonia, pode-se citar o cacau, a castanha-do pará, o fruto do açaí e do babaçu (cocos). Esses produtos são fontes de óleos de interesse no mercado nacional e internacional, com destaque para a indústria de alimentos e cosmética. Embora os óleos *in natura* da Amazonia já tenham um mercado consolidado, a sua modificação pode gerar produtos de maior valor agregado, além de contribuir para o desenvolvimento econômico e social da região e dos povos indígenas. Portanto, esse projeto tem por objetivo agregar valor aos óleos da Amazônia (particularmente o óleo da castanha-do-Pará e do babaçu) por meio de modificações enzimáticas catalisadas por lipases (comerciais e *home-made*). Esses óleos apresentam as seguintes composições de ácidos graxos caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1, ômega 9), linoleico (C18:2, ômega 6): 0 e 2,6-7,3%, 0 e 1,2-7,6%, 0 e 40-55%, 0,6 e 11-27%, 14-16 e 5,2-11%, 6-10 e 1,8-7,4, 29-48 e 9-20%, 30-47 e 1,4-6,0%, respectivamente. Dentre as diversas modificações possíveis, neste projeto serão avaliadas: (i) interesterificação de óleo de castanha-do-pará e babaçu visando à produção de substitutos da manteiga de cacau (produtos contendo triglicerídeos compostos por ácido palmítico (38,3%), esteárico (33,5%) e oleico (24,7%)); (ii) acidólise de óleos de castanha-do-pará e babaçu com ácidos graxos de cadeia média (caproico, caprílico e capríco) visando produzir triglicerídeos estruturais compostos por ácidos de cadeia média nas posições *sn-1* e *sn-3*. Esses triglicerídeos possuem algumas vantagens em relação àqueles contendo ácidos graxos de cadeia longa, tais como, maior velocidade de hidrólise do triglicerídeo pela lipase pancreática, menor valor calórico (prevenindo a obesidade), melhoria do sistema imunológico, diminuição do risco de câncer e dos níveis de colesterol. Os ácidos graxos de cadeia média não se depositam no tecido adiposo e são metabolizados diretamente no fígado, enquanto os ácidos graxos poliinsaturados (linoleico, por exemplo), possuem vários benefícios à saúde humana (redução de riscos de doenças cardiovasculares). Portanto, triglicerídeos estruturados com ácidos graxos de cadeia média nas posições *sn-1* e *sn-3* do glicerol e ácidos graxos de cadeia longa na posição *sn-2*, ou seja, TAGs do tipo MLM, apresentam características extremamente benéficas para o bom desenvolvimento e manutenção da saúde.

**Informações do docente:** ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-5011-9881>) e Lattes/CNPq (<http://lattes.cnpq.br/0808991927126468> ). Para maiores informações, contacte o professor pelo e-mail [pwtardioli@ufscar.br](mailto:pwtardioli@ufscar.br).

**Palavras-chaves:** óleos da Amazônia; modificações enzimáticas; lipases; produtos de valor agregado

**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**DOCENTE ORIENTADOR: Thais Suzane Milessi Esteves**

**TÍTULO: Produção de coquetel enzimático por bioprocessamento consolidado de bagaço de cana-de-açúcar**

**RESUMO**

O desenvolvimento de biorrefinarias com processos integrados baseados na total utilização da biomassa vegetal é crucial na substituição da matriz energética por fontes renováveis, tornando necessária a valorização de subprodutos lignocelulósicos como a palha e o bagaço de cana-de-açúcar. Em contrapartida, os elevados custos associados aos coquetéis enzimáticos necessários na etapa de hidrólise destes materiais podem comprometer a viabilidade econômica do processo em escala industrial. Neste sentido, o Bioprocessamento Consolidado (BPC) é uma tecnologia emergente onde a produção de enzimas hidrolíticas, a hidrólise enzimática da biomassa e a fermentação dos açúcares liberados ocorrem em um mesmo reator, produzindo etanol 2G. Embora a construção de cepas recombinantes para BPC seja relatada na literatura, o desenvolvimento e a otimização da “Engenharia do Bioprocessamento Consolidado” são pouco explorados. Adicionalmente, as cepas disponíveis apresentam tempos de fermentação elevados, resultando em baixas produtividades em etanol, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de cepas eficientes e de estratégias de cultivo adequadas para potencializar o desempenho do processo. Além disso, as enzimas hidrolíticas produzidas durante o BPC caracterizam valioso co-produto do processo, podendo compor o portfólio de produtos da planta, contribuindo para a viabilidade econômica do processo. Neste contexto, a presente proposta de doutorado pretende desenvolver um processo de recuperação das enzimas produzidas durante o BPC, caracterizando um coquetel enzimático de alto valor agregado. Para isso serão utilizadas leveduras recombinantes *Saccharomyces cerevisiae* desenvolvidas pelo grupo do Prof. Johan Thevelein da empresa belga NovelYeast, colaboradora deste projeto. Serão testadas 3 cepas diferentes (AC14, Cellusec 1 e Cellusec 3.1) que produzem sete enzimas hidrolíticas diferentes. Em um primeiro momento, as enzimas produzidas pelas 3 cepas serão caracterizadas, visando se identificar as possibilidades dos diferentes coquetéis enzimáticos a serem obtidos assim como definir as estratégias a serem utilizadas. Os ensaios de recuperação e purificação das enzimas serão realizados iniciando-se pelos procedimentos mais simples. Etapas serão incrementadas e otimizadas, até atingir diferentes graus de purificação e sempre tendo em foco também o caráter econômico. Especial foco será dado à adsorção em micropartículas magnéticas. A ultrafiltração será utilizada como técnica controle. Por fim, será ainda estudada a imobilização dos coquetéis enzimáticos produzidos a fim de se obter um coquetel estável e alto valor comercial.

Maiores informações sobre o grupo de pesquisa:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=bvLab6xQqIU&feature=youtu.be>

**Palavras-chaves:** bioprocessamento consolidado; produção de enzimas; purificação; levedura recombinante; imobilização enzimática



**ÁREA DE PESQUISA: Engenharia Bioquímica**

**DOCENTE ORIENTADOR: Thais Suzane Milessi Esteves**

**TÍTULO: Aproveitamento de subprodutos do processamento da castanha-do-Brasil para obtenção de bioprodutos vegetarianos/vegãos de valor agregado**

**RESUMO**

Este projeto visa contribuir com o desenvolvimento regional e valorização da socio biodiversidade amazônica com o desenvolvimento de bioprodutos de valor agregado a partir de resíduos do processamento de castanha-do-Brasil coletada por povos indígenas. No processamento da castanha em cooperativas da região de Ji-Paraná (Rondônia), após a extração do óleo da castanha colhida pela comunidade indígena, o principal sub-produto/resíduo do processo é a torta desengordurada de castanha. O reaproveitamento e o enriquecimento funcional deste resíduo pode ser realizado pela hidrólise enzimática controlada do mesmo. A hidrólise enzimática parcial da torta desengordurada será realizada utilizando-se proteases visando modificação da torta da castanha e consequente obtenção de peptídeos com diferentes propriedades funcionais. Espera-se ainda melhorar a textura e digestibilidade da mesma com este tratamento. Diferentes processos serão estudados ao longo deste doutorado, visando obtenção de ingredientes proteicos funcionais a serem utilizados na composição de carne vegetal, aminoácidos precursores de outros bioprodutos como biolubrificantes, e o desenvolvimento de um *whey protein* de castanha do Brasil livre de aminoácidos hidrofóbicos (aminoácidos responsáveis pelo sabor amargo dos hidrolisados proteicos vegetais). Os produtos desenvolvidos que apresentarem propriedades mais interessantes serão selecionados e caracterizados quanto às propriedades essenciais para aplicação em indústrias alimentícias. Prevê-se ainda a avaliação da viabilidade e sustentabilidade desses produtos, visando sua aplicação em uma planta análoga à de extração do óleo de castanha. Espera-se ao final deste projeto obter processos de produção de produtos proteicos vegetais de alto valor agregado que contribuam para o desenvolvimento científico e socio-econômico da região amazônica.

Maiores informações sobre o grupo de pesquisa:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=bvLab6xQqIU&feature=youtu.be>

**Palavras-chaves:** biodiversidade amazônica; aproveitamento de resíduos; alimentos funcionais; carne vegana