

Projeto 1 – Obtenção de gás natural sintético a partir de CO₂

Introdução

A geração de metano a partir de CO₂ é um tema razoavelmente bem descrito na literatura técnica [1-4]. Vale destacar que, nos últimos anos ele vem se tornando um tema de grande relevância. De fato, a obtenção de metano via CO₂ é considerada hoje uma forma de estocagem de energias intermitentes. Este processo pode ser descrito segundo as seguintes etapas: Inicialmente, a energia eólica ou solar em excesso é empregada na eletrólise água, ou seja, na geração de hidrogênio. Este gás reage com o CO₂ oriundo de diferentes fontes produzindo metano. Este pode ser consumido quando injetado nos *grids* das grandes cidades ou estocado para futura utilização na geração de energia, especialmente no caso de intermitência de algumas fontes perenes de energia. Vale destacar que, naturalmente, o custo de produção do metano deve ser compatível com o de origem fóssil. Análise econômica recente sinaliza no sentido de que os custos de operação e capital da metanação além da eficiência do catalisador têm forte impacto nos custos do metano obtido energias intermitentes. Assim, catalisadores ativos, seletivos e estáveis devem contribuir fortemente para viabilizar esta tecnologia. O INT em colaboração com a PUC-Rio vem desenvolvendo estudos neste assunto. Este trabalho vem gerando catalisadores com comportamento catalítico bastante promissor. O trabalho ora apresentado tem como ponto de partida os dados gerados nesta colaboração.

Palavras chaves:

metano, gás carbônico, eólica, solar.

Objetivo Geral

Desenvolver catalisadores ativos, seletivos e estáveis visando à viabilização técnica e econômica da geração de metano no ambiente da estocagem de energias intermitentes.

Objetivo Específico 1: *Screening* de suportes e aditivos para catalisadores de metanação;

Objetivo Específico 2: Otimização da formulação dos catalisadores;

Objetivo Específico 3: Ações preparatórias para o escalonamento;

Objetivo Específico 4: Estudos em unidade de bancada;

Objetivo Específico 5: Apoio à unidade piloto.

Modalidade de Bolsas

É necessário dispor de especialista em catálise focado unicamente no desenvolvimento deste trabalho. Ele vai estar envolvido em todas as atividades do projeto.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenheiro químico, eng. de materiais, químico ou físico/ Doutorado na área de catálise ou áreas correlatas	Catálise heterogênea	1	D-A	60	1

Atividades de execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Catálise (LACAT) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Lúcia Gorenstin Appel.

Atividade 1: Preparo de suportes e catalisadores.

Atividade 2: Caracterização básicas (baixa complexidade) de suportes e catalisadores.

Atividade 3: Teste catalítico dos catalisadores preparados (screening).

Atividade 4: Caracterização (maior complexidade) de suportes e catalisadores mais promissores.

Atividade 5: Preparo de novos suportes e catalisadores a partir das informações geradas nas atividades anteriores.

Atividade 6: Caracterização básicas e complexas de novos catalisadores.

Atividade 7: Teste catalíticos dos novos catalisadores preparados.

OBS: As atividades 5, 6 e 7 serão conduzidas num processo de realimentação de forma a aprimorar a formulação dos catalisadores.

Atividade 8: Obtenção da Cinética Química dos catalisadores mais promissores.

Atividade 9: Estudo da estabilidade/regeneração de catalisadores.

Atividade 10: Avaliação técnica e econômica I.

Atividade 11: Estudos da conformação de catalisadores.

Atividade 12: Projeto de unidade de bancada.

Atividade 13: Montagem de unidade de bancada.

Atividade 14: Testes catalíticos em unidade de bancada.

Atividade 15: Avaliação técnica – econômica II.

Atividade 16: Obtenção de parâmetros para projeto de escala piloto.

Atividade 17: Apoio a projeto em escala piloto.

Atividade 18: Acompanhamento do desempenho dos catalisadores em escala piloto.

Atividade 19: Apoio a avaliação técnica – econômica III.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Atividade 1	1	Número de catalisadores	8				
Atividade 2	1	Número de catalisadores	8				
Atividade 3	1	Número de catalisadores	8				
Atividade 4	1	Número de catalisadores	8				
Atividade 5	2	Número de catalisadores		3			
Atividade 6	2	Número de catalisadores		3			
Atividade 7	2	Número de catalisadores		3			
Atividade 8	3	Conjunto de dados disponíveis			2		

Atividade 9	3	Conjunto de dados disponíveis			2		
Atividade 10	3	Relatório emitido			1		
Atividade 11	3	Conjunto de dados disponíveis			1		
Atividade 12	4	Relatório emitido				1	
Atividade 13	4	Unidade de bancada disponível				1	
Atividade 14	4	Número de testes				20	
Atividade 15	4	Relatório emitido				1	
Atividade 16	5	Relatório emitido					1
Atividade 17	5	Relatório emitido					1
Atividade 18	5	Relatório emitido					1
Atividade 19	4	Relatório emitido					1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1	X	X								
Atividade 2	X	X								
Atividade 3	X	X								
Atividade 4		X								
Atividade 5			X	X						

Atividade 6			X	X						
Atividade 7			X	X						
Atividade 8					X					
Atividade 9					X					
Atividade 10						X				
Atividade 11					X					
Atividade 12							X			
Atividade 13							X	X		
Atividade 14								X		
Atividade 15								X		
Atividade 16									X	
Atividade 17									X	
Atividade 18										X
Atividade 19										X

Produtos

Produto 1: Formulação de catalisadores para metanação.

Produto 2: Avaliações tecno-econômica do processo.

Produto 3: Unidade de bancada disponível.

Produto 4: Cinética química disponível.

Produto 5: Unidade piloto operacional.

Produto 6: Artigos publicados.

Produto 7: Pedidos de privilégio.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1,2	Relatório emitido	8	3			

Produto 2	3-5	Relatório emitido			1	1	1
Produto 3	4	Unidade de bancada disponível				1	
Produto 4	3	Relatório emitido			1		
Produto 5	1-5	Relatório emitido					1
Produto 6	1-3	Artigos publicados		1	2	1	
Produto 7	1,2	Pedido depositado		1			

Resultados Esperados

Resultado 1: Conjunto de dados referentes às formulações de catalisadores de metanação, condições de operação e desempenho dos mesmos em microreator e bancada.

Resultado 2: Banco de dados referentes a avaliação econômica.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1	1-3	Relatório emitido	1	1			
Resultado 2	3-5	Relatório emitido			1	1	1

Equipe INT

Lucia Gorenstin Appel, DSc. (tecnologista INT)

1.1- Referências Bibliográficas

[1] Daniela C.D. da Silva, Sonia Letichevsky, Luiz E.P. Borges, Lucia G. Appel, The Ni/ZrO₂ catalyst and the methanation of CO and CO₂, International Journal of Hydrogen Energy 37 (2012) 8923-8928.

[2] Jiajian Gao, Qing Liu, Fangna Gu, Bin Liu, Ziyi Zhongc and Fabing Su, Recent advances in methanation catalysts for the production of synthetic natural gas, RSC Advances 5 (2015) 22759-22776.

[3] M. Romero-Sáeza, A.B. Dongil, N. Benito, R. Espinoza-González, N. Escalona, F. Gracia, CO₂ methanation over nickel-ZrO₂ catalyst supported on carbon nanotubes: A comparison between two impregnation strategies, Applied Catalysis B: Environmental 237 (2018) 817-825.

[4] Patrizia Frontera, Anastasia Macario, Marco Ferraro and PierLuigi Antonucci, Supported Catalysts for CO₂ Methanation: A Review, Catalysts 7 (2017) 59-87.

Projeto 2: Estudo da degradação do herbicida atrazina por *Pleurotus ostreatus* e *Yarrowia lipolytica* e avaliação do efeito das nanopartículas de cobre durante o processo de degradação

Introdução

O Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos, principalmente devido ao processo produtivo agrícola brasileiro que está cada vez mais dependente do uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos. O dano ao ambiente e à saúde pública decorrente do uso indiscriminado de agrotóxicos nas culturas agrícolas já foi identificado por muitos países, o que levou a proibição do uso e comercialização de diversos destes compostos no mundo. Entretanto, o Brasil ainda utiliza pelo menos 22 destes agrotóxicos, dentre eles, o herbicida atrazina [1]. Assim, diversos movimentos e ações de enfrentamento às atuais práticas de uso de agrotóxicos no Brasil têm sido realizados pelos diferentes setores ligados ao Ministério da Saúde, tais como o Instituto Nacional do Câncer (INCA), a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a Associação Brasileira de Agroecologia (ABRASCO) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) [1–4]. Estes trabalhos visam alertar as autoridades públicas e a sociedade acerca da toxicidade e até mesmo sobre a carcinogenicidade destes compostos e os riscos para a população.

Dentre os agrotóxicos utilizados no país, os herbicidas são os mais empregados, representando 45% do total dos pesticidas aplicados nas lavouras. A atrazina (2-cloro-4-etilamina-6-isopropilamina-s-triazina) é muito utilizada em diferentes culturas agrícolas de relevância econômica, tais como as culturas de cana-de-açúcar, milho e sorgo. A presença do átomo de cloro e do anel triazínico faz com que este herbicida seja relativamente recalcitrante à degradação biológica. Esta característica aliada ao fato de ser descrita como disruptores endócrinos, carcinogênicos, neurotóxicos e hepatotóxicos, torna a atrazina um risco ao meio ambiente e à saúde humana [5–7].

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução CONAMA nº 396 de 03 de Abril de 2008, por meio da portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, estipularam que o limite máximo permitido para atrazina em águas doces é de 2,0 µg/L [8]. Na Comunidade Europeia (EU) e nos Estados Unidos (EUA), o padrão permitido para este herbicida em corpos d'água é de 3 µg/L e 0,1 µg/L respectivamente [9] (UE, 2015). Apesar das restrições, herbicidas são frequentemente encontrados acima dos níveis tolerados em lençóis freáticos e águas superficiais de diversos estados brasileiros e do mundo [10–12].

Levando em consideração que os tratamentos de água convencionais não são eficientes para a remoção dos herbicidas, a associação destes tratamentos aos tratamentos físicos (filtração por membranas, carvão ativado) ou químicos (ozonização e processos de oxidação avançada) vem sendo utilizada em efluentes agroindustriais ou em corpos d'água, visando o tratamento ou potabilização da água [13–15]. Porém, os tratamentos físicos promovem apenas a adsorção dos poluentes e assim, a disposição final das fases sólidas continua sendo um problema ambiental. Além disso, a maior

parte dos métodos físicos ou químicos de tratamento possui um custo elevado, inviabilizando a ampla utilização do método [15].

Diante deste cenário, maior atenção tem sido dispensada à utilização de tratamentos biológicos de águas e efluentes contaminados por herbicidas, principalmente pela utilização de microrganismos. Isso ocorre em função da capacidade dos microrganismos em tratar grandes volumes de efluentes a baixo custo, além da possibilidade de mineralização do poluente [6].

As bactérias são as mais utilizadas nas estações de tratamento de efluentes. Entretanto, diversos estudos apontam as vantagens da utilização dos fungos filamentosos em biorremediação, em função dos mesmos sobreviverem e se adaptarem com mais facilidade a condições adversas frequentemente encontradas nas estações de tratamento de água e efluentes, tais como variações de pH, temperatura e presença de produtos tóxicos [16]. O grupo de pesquisa do Laboratório de Biocatálise do Instituto Nacional de Tecnologia (LABIC/INT) vem desenvolvendo estudos utilizando o fungo filamentoso *Pleurotus ostreatus* para degradar atrazina desde 2006, e possui alguns trabalhos publicados sobre o assunto [17–19]. Apesar de muitos estudos demonstrarem a capacidade de degradação de herbicidas triazínicos por fungos basidiomicetos ligninolíticos [13,20], não há um consenso na literatura a respeito de quais enzimas são responsáveis pela degradação destes herbicidas: alguns autores relatam a atuação das enzimas extracelulares, como as enzimas ligninolíticas lacase, manganês peroxidase e lignina peroxidase, na degradação destes herbicidas [21–23], e outros a ação das enzimas intracelulares, como as do complexo citocromo P450 [20,24].

Além dos fungos filamentosos, há relatos na literatura de fungos leveduriformes com capacidade degradante, como a *Yarrowia lipolytica*, a qual vem sendo aplicada para diversos processos de biorremediação. Além disso, esta levedura possui resistência a alguns metais pesados [25,26]. Recentemente o Laboratório de Biocatálise (LABIC/INT) estabeleceu uma parceria com a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com o grupo de pesquisa coordenado pela Profa. Maria Alice Zarur Coelho, para estudar a degradação da atrazina por *Y. lipolytica* e os resultados obtidos são promissores.

Outras abordagens vêm sendo utilizadas para a degradação de herbicidas, como o uso de nanomateriais, que são capazes de degradar ou adsorver estes compostos [27,28]. Ademais, há relatos na literatura que a associação de nanomateriais com microrganismos potencializa a degradação da atrazina, pois os microrganismos a consomem como fonte de carbono. Neste caso, tanto a degradação quanto a adsorção contribuem para a remoção de atrazina [29,30].

Palavras-chave: Atrazina, degradação de herbicidas, biorremediação.

Objetivo Geral

O objetivo do projeto proposto consiste na utilização do fungo *Pleurotus ostreatus* com nanopartículas de cobre para a degradação da atrazina, assim como a avaliação da capacidade de degradação da atrazina por *Yarrowia lipolytica*.

Objetivo Específico 1: otimizar a metodologia analítica para a análise de atrazina e seus metabólitos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE);

Objetivo Específico 2: otimizar o procedimento experimental da extração da atrazina e seus metabólitos eliminando a etapa de extração em fase sólida;

Objetivo Específico 3: verificar a tolerância de *Yarrowia lipolytica* durante o seu crescimento em meio de cultura contendo atrazina nas concentrações de 5, 10 e 20 mg / L;

Objetivo Específico 4: ajustar o meio de cultivo de *Yarrowia lipolytica* para a obtenção de percentuais significativos de degradação de atrazina;

Objetivo Específico 5: utilizar o meio otimizado para *Pleurotus ostreatus* e estudar o efeito das nanopartículas de cobre para a degradação da atrazina;

Objetivo Específico 6: utilizar o meio otimizado para *Yarrowia lipolytica* e estudar o efeito das nanopartículas de cobre para a degradação da atrazina;

Objetivo Específico 7: avaliar a variação na atividade de potenciais enzimas envolvidas no processo de degradação do herbicida;

Objetivo Específico 8: contribuir na formação de recursos humanos através da orientação de alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado;

Objetivo Específico 9: elaborar relatórios técnicos e apresentar trabalhos em congressos;

Objetivo Específico 10: publicar artigos científicos ou depositar patentes com conteúdo inovador.

Modalidade de Bolsas

Para o desenvolvimento deste projeto e de projetos que poderão surgir a partir dos resultados obtidos na proposta apresentada, necessitamos de uma bolsa PCI-DB com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química, Química, Ciências Biológicas, Biotecnologia, Bioprocessos/ Doutorado	Biocatálise, Bioquímica, Biotecnologia, Bioprocessos e áreas afins	1-7	D-B	60	1

Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Biocatálise (LABIC) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Viridiana Santana Ferreira-Leitão.

Atividade 1: Otimização dos métodos analíticos para a análise da atrazina e seus produtos de degradação por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com o objetivo de obter uma análise mais rápida que seja possível separar e identificar a atrazina e todos os produtos de degradação.

Atividade 2: Otimização da metodologia de extração da atrazina e seus produtos de degradação. A proposta consiste em substituir as extrações em fase sólida por extrações líquido-líquido com acetato de etila, diminuindo consideravelmente os custos dos experimentos.

Atividade 3: Comparação dos resultados obtidos com a extração em fase líquida e com a extração em fase sólida.

Atividade 4: Realização do teste de tolerância da *Yarrowia lipolytica* à atrazina fundamentando-se no teste de microdiluição em placa de 96 poços para a determinação da concentração mínima inibitória (CMI). Com este teste, o objetivo consiste em verificar qual a maior concentração de atrazina que o fungo seja resistente, para em seguida iniciarmos os ensaios na presença de atrazina.

Atividade 5: Modificações na concentração do meio de cultura a fim de aumentar o percentual de degradação da atrazina.

Atividades 6: Realização de estudos do efeito das nanopartículas de cobre na degradação de atrazina, em uma associação destas nanopartículas com o *P. Ostreatus*.

Atividade 7: Realização de estudos do efeito das nanopartículas de cobre na degradação de atrazina, em uma associação destas nanopartículas com a *Y. lipolytica*.

Atividades 8: Realizar estudos para a avaliação do papel das enzimas intracelulares na degradação da atrazina através de experimentos com a biomassa lavada dos fungos e fração microsossomal.

Atividades 9: Realizar estudos para a avaliação do papel das enzimas extracelulares na degradação da atrazina, através de experimentos com a fração extracelular após o cultivo dos fungos.

Atividade 10: Co-orientação de alunos de graduação, mestrado e doutorado.

Atividades 11: Elaboração de relatórios técnicos e participação em congressos científicos.

Atividade 12: Publicação de artigos científicos ou depósito de patente.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Atividade 1	1	Método adaptado para análise por CLAE	30				
Atividade 2	2	Nova abordagem de extração líquido-líquido na rotina do laboratório	100	100	100	100	100
Atividade 3	2	Avaliação entre a nova abordagem (extração líquido-líquido) e comparação com a extração em fase sólida	10				
Atividade 4	3	Tolerância da <i>Y. lipolytica</i> à atrazina elucidada		30			

Atividade 5	4	Meio de cultura mais adequado para a <i>Y. lipolytica</i> degradar a atrazina definido		30				
Atividade 6	5	Efeito das nanopartículas de cobre com <i>P. ostreatus</i> elucidado			20			
Atividade 7	6	Efeito das nanopartículas de cobre com <i>Y. lipolytica</i> elucidado				20		
Atividade 8	7	Enzimas intracelulares envolvidas no processo de degradação da atrazina caracterizadas						15
Atividade 9	7	Enzimas extracelulares envolvidas no processo de degradação da atrazina caracterizadas						15
Atividade 10	8	Co-orientação de alunos de graduação e pós-graduação	2	2	2	2	2	2
Atividade 11	9	Redação de relatórios e participação em congressos	1	1	1	1	1	1
Atividade 12	10	Publicação de artigos científicos ou depósito de patente	1	1	1	1	1	1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1	X									
Atividade 2-3		X								
Atividade 4			X							
Atividade 5			X	X						

Atividade 6					X	X				
Atividade 7							X	X		
Atividade 8-9									X	X
Atividade 10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 11	X		X		X		X		X	
Atividade 12	X		X		X		X		X	

Produtos

Produto 1: desenvolvimento de metodologia analítica para a análise da atrazina e seus produtos de degradação;

Produto 2: desenvolvimento metodologia de extração de compostos do meio de cultura;

Produto 3: desenvolvimento de metodologia eficiente para degradar mais de 90% de herbicidas do meio de cultura;

Produto 4: formação de alunos de graduação e pós-graduação;

Produto 5: redação de relatórios técnicos e participação em congressos científicos;

Produto 6: publicação de artigos científicos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1	Caracterização de todos os produtos de degradação da atrazina usando a mesma metodologia	1	1	1	1	1
Produto 2	2	100% de extração dos produtos do meio de cultura	1	1	1	1	1
Produto 3	3-7	Degradação de atrazina superior a 90%	1	1	1	1	1

Produto 4	8	Trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses	2	2	2	2	2
Produto 5	9	Relatórios e resumos em congressos	1	1	1	1	1
Produto 6	10	Artigos científicos	1	1	1	1	1

Resultados Esperados

Resultado 1: Obtenção de metodologia simples e viável para a extração e análise da atrazina e dos produtos de degradação da atrazina.

Resultado 2: Conhecimento do efeito das nanopartículas de cobre na degradação de atrazina.

Resultado 3: Conhecimento das enzimas envolvidas no processo de degradação da atrazina.

Resultado 4: Formação de alunos de graduação, mestrado e doutorado;

Resultado 5: Redação de relatórios técnicos e participação em congressos científicos;

Resultado 6: Publicação de artigos científicos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1	1-4	Obter metodologia simples e economicamente viável para a extração e análise dos produtos	1				
Resultado 2	5-6	Efeitos das nanopartículas de cobre na degradação de atrazina elucidados			1		
Resultado 3	7	Enzimas envolvidas no processo de degradação da atrazina caracterizadas					30

Resultado 4	8	Formação de alunos	2	2	2	2	2
Resultado 5	9	Números de relatórios e congressos	1	1	1	1	1
Resultado 6	10	Números de artigos científicos publicados	1	1	1	1	1

Equipe

Viridiana Santana Ferreira-Leitão

Referências Bibliográficas

- [1] F.F. Carneiro, R.M. Rigotto, L.G. da S. Augusto, K. Friedrich, A.C. Búrico, Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde, Rio de Janeiro/São Paulo, 2015. <http://abrasco.org.br/dossieagrototoxicos>.
- [2] INCA, Nota Pública acerca do Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer sobre o Projeto de Lei nº 6.299/2002, Rio de Janeiro, 2018. <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2018/conheca-posicionamento-inca-sobre-pl-tenta-alterar-lei-dos-agrototoxicos>.
- [3] Fiocruz, Análise do Projeto de Lei nº 6.299/2002, Rio de Janeiro, 2018. <https://portal.fiocruz.br/noticia/fiocruz-divulga-nota-tecnica-contra-projeto-que-flexibiliza-regulacao-de-agrototoxicos>.
- [4] Anvisa, Agrotóxicos: Anvisa é contrária ao PL 6299/02, Rio de Janeiro, 2018. <http://portal.anvisa.gov.br/agrototoxicos>.
- [5] A.R.B. Novaes, M. Da Silva, V.S. Ferreira-Leitão, Atrazina: impactos ambientais, aspectos econômicos e tendências nos processos de remediação Atrazina: impactos ambientais, aspectos econômicos e tendências nos processos de remediação Atrazine: environmental impacts, economic aspects and trends in remedia, Rev. Química Ind. (2017) 69–86.
- [6] L.M. Colla, A.L. Primaz, M. De Lima, T.E. Bertolin, J.A.V. Costa, Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo contaminado com herbicidas triazínicos, Ciência e Agrotecnologia. 32 (2008) 809–813.
- [7] T.B. Hayes, V. Khoury, A. Narayan, M. Nazir, A. Park, T. Brown, L. Adame, E. Chan, D. Buchholz, T. Stueve, S. Gallipeau, Atrazine induces complete

- feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*), *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107 (2010) 4612–4617. doi:10.1073/pnas.0909519107.
- [8] CONAMA, RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008 Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68, 2008.
- [9] Usepa, Guidance and Clarification on the Use of Detection Limits in Compliance Monitoring, 1993.
- [10] E.F.G.C. Dores, S. Navickiene, M.L.F. Cunha, L. Carbo, M.L. Ribeiro, E.M. De-Lamonica-Freire, Multiresidue determination of herbicides in environmental waters from Primavera do Leste region (Middle West of Brazil) by SPE-GC-NPD, *J. Braz. Chem. Soc.* 17 (2006) 866–873. doi:10.1590/S0103-50532006000500008.
- [11] E.C. Bortoluzzi, D. dos S. Rheinheimer, C.S. Gonçalves, J.B.R. Pellegrini, R. Zanella, A.C.C. Copetti, Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS, *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.* 10 (2006) 881–887. doi:10.1590/S1415-43662006000400015.
- [12] E.D. Armas, R.T.R. Monteiro, A.V. Amâncio, R.M.L. Correa, M.A. Guercio, Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica, *Quim. Nova.* 28 (2005) 975–982. doi:10.1590/S0100-40422005000600008.
- [13] X. Fan, F. Song, Bioremediation of atrazine: recent advances and promises, *J. Soils Sediments.* 14 (2014) 1727–1737. doi:10.1007/s11368-014-0921-5.
- [14] A. De Luca, R.F. Dantas, A.S.M. Simões, I.A.S. Toscano, G. Lofrano, A. Cruz, S. Esplugas, Atrazine removal in municipal secondary effluents by fenton and photo-fenton treatments, *Chem. Eng. Technol.* 36 (2013) 2155–2162. doi:10.1002/ceat.201300135.
- [15] A. Kunz, P. Peralta-Zamora, S.G. De Moraes, N. Durán, Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis, *Quim. Nova.* 25 (2002) 78–82. doi:10.1590/S0100-40422002000100014.
- [16] B. Karabi, P. Dipak, S. Sankar Narayan, Biological-Agents-of-Bioremediation, *Front. Environ. Microbiol.* 1 (2015) 39–43. doi:10.11648/j.fem.20150103.11.
- [17] A.R.B. Pereira, P.M. Pereira, A. da S. de França, M. da Silva, V.S. Ferreira-Leitão, Propazine degradation by intra- and extracellular enzymes from *Pleurotus ostreatus* INCQS 40310, *Biocatal. Biotransformation.* (2016). doi:10.1080/10242422.2016.1227795.
- [18] M.R. Balesteros, L.R.V. De Sá, P.M. Pereira, M. Da Silva, M.A.L. De Oliveira, V.S. Ferreira-Leitão, Monitoring of atrazine biodegradation by *Pleurotus*

- ostreatus INCQS 40310 through the simultaneous analysis of atrazine and its derivatives by HPLC, Biocatal. Biotransformation. (2014). doi:10.3109/10242422.2013.870557.
- [19] P.M. Pereira, R.S.S. Teixeira, M.A.L. Oliveira, M. Silva, V.S. Ferreira-Leitão, Optimized Atrazine Degradation by *Pleurotus ostreatus* INCQS 40310: an Alternative for Impact Reduction of Herbicides Used in Sugarcane Crops, *J. Microb. Biochem. Technol.* (2013). doi:10.4172/1948-5948.S12-006.
- [20] A.C. Bastos, N. Magan, *Trametes versicolor*: Potential for atrazine bioremediation in calcareous clay soil, under low water availability conditions, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 63 (2009) 389–394. doi:10.1016/j.ibiod.2008.09.010.
- [21] O.I. Klein, N.A. Kulikova, E. V. Stepanova, O.I. Filippova, T. V. Fedorova, L.G. Maloshenok, I.S. Filimonov, O. V. Koroleva, Preparation and characterization of bioactive products obtained via the solubilization of brown coal by white rot fungi, *Appl. Biochem. Microbiol.* 50 (2014) 730–736. doi:10.1134/S0003683814070035.
- [22] L.N. Nguyen, F.I. Hai, J. Kang, F.D.L. Leusch, F. Roddick, S.F. Magram, W.E. Price, L.D. Nghiem, Enhancement of trace organic contaminant degradation by crude enzyme extract from *Trametes versicolor* culture: Effect of mediator type and concentration, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 45 (2014) 1855–1862. doi:10.1016/j.jtice.2014.03.021.
- [23] O.N. Gorbatova, O. V. Koroleva, E.O. Landesman, E. V. Stepanova, A. V. Zherdev, Increase of the detoxification potential of basidiomycetes by induction of laccase biosynthesis, *Appl. Biochem. Microbiol.* 42 (2006) 414–419. doi:10.1134/S0003683806040132.
- [24] H. Hou, J. Zhou, J. Wang, C. Du, B. Yan, Enhancement of laccase production by *Pleurotus ostreatus* and its use for the decolorization of anthraquinone dye, *Process Biochem.* 39 (2004) 1415–1419. doi:10.1016/S0032-9592(03)00267-X.
- [25] H.H. Liu, X.J. Ji, H. Huang, Biotechnological applications of *Yarrowia lipolytica*: Past, present and future, *Biotechnol. Adv.* 33 (2015) 1522–1546. doi:10.1016/j.biotechadv.2015.07.010.
- [26] F. Carly, S. Steels, S. Telek, M. Vandermies, J.M. Nicaud, P. Fickers, Identification and characterization of EYD1, encoding an erythritol dehydrogenase in *Yarrowia lipolytica* and its application to bioconvert erythritol into erythrulose, *Bioresour. Technol.* 247 (2018) 963–969. doi:10.1016/j.biortech.2017.09.168.
- [27] D. Rawtani, N. Khatri, S. Tyagi, G. Pandey, Nanotechnology-based recent approaches for sensing and remediation of pesticides, *J. Environ. Manage.* (2018). doi:10.1016/j.jenvman.2017.11.037.
- [28] J. Parada, O. Rubilar, M.C. Diez, M. Cea, A. Sant’Ana da Silva, C. Rodríguez-

- Rodríguez, G.R. Tortella, Combined Pollution of Copper Nanoparticles and Atrazine in Soil: Effects on Dissipation of the Pesticide and on Microbiological Community Profiles, *J. Hazard. Mater.* 361 (2018) 228–236. doi:10.1016/j.jhazmat.2018.08.042.
- [29] C. Zhu, W.L. Yang, H. He, C. Yang, J. Yu, X. Wu, G. Zeng, S. Tarre, M. Green, Preparation, performances and mechanisms of magnetic *Saccharomyces cerevisiae* bionanocomposites for atrazine removal, *Chemosphere.* (2018). doi:10.1016/j.chemosphere.2018.02.020.

Projeto 3- Produção de H₂ e CH₄ por vias biológicas a partir de vinhaça e suco de sisal

Introdução

Segundo dados da ANP, em 2017 foram produzidos 27,5 bilhões de litros de etanol. A cada litro de etanol produzido são gerados de 10 a 14 litros de vinhaça como efluente da etapa de destilação [1]. Desta forma, estima-se que tenham sido produzidos cerca de 300 bilhões de litros deste efluente, que é altamente poluente devido a sua elevada demanda química de oxigênio (DQO).

O Brasil é o maior produtor e exportador de sisal do mundo; em 2016 a produção de sisal alcançou o valor de 180 mil toneladas, correspondendo a 58% da produção mundial [2]. Apenas 5% da massa do vegetal são utilizados para a produção de fibras, gerando assim uma grande quantidade de efluente altamente poluente, devido à sua elevada DQO [3].

Tendo em vista o cenário de aproveitamento de resíduos e efluentes para geração de energia, por se tratarem de efluentes com alto teor de carga orgânica, a vinhaça e o suco de sisal constituem potenciais matérias-primas para a produção de biogás a partir dos processos de fermentação e digestão anaeróbia.

O processo de fermentação é caracterizado por quatro etapas, sendo elas as etapas de hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Na etapa de hidrólise, as bactérias hidrolíticas produzem enzimas responsáveis pela degradação de compostos orgânicos complexos, em moléculas dissolvidas mais simples. Na fase acidogênica, os produtos gerados na etapa de hidrólise são metabolizados em produtos mais simples, como alcoóis, ácidos e hidrogênio, dentro da célula bacteriana. Na etapa de acetogênese, as bactérias acetogênicas oxidam os compostos gerados na etapa de acidogênese gerando ácido acético, sendo que nesta etapa, o H₂ também pode ser convertido a ácido acético por bactérias homo-acetogênicas. Na etapa de metanogênese, arqueias metanogênicas transformam o H₂ e o ácido acético, gerados na etapa anterior, em metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂) [4].

A produção de metano a partir da digestão anaeróbia é um processo no qual o hidrogênio é um produto intermediário que, logo é convertido em metano pelos microrganismos metanogênicos. Assim sendo, quando se espera produzir os dois gases, deve-se realizar o processo em duas etapas, a primeira para produção de hidrogênio e a segunda etapa para a obtenção do metano, separando assim as etapas de acidogênese e metanogênese [5]. Sendo este processo capaz de reduzir a emissão de gases do efeito estufa, como CO e CO₂ e a demanda química de oxigênio (DQO) do efluente [6].

A produção de hidrogênio via fermentação pode ser realizada utilizando culturas bacterianas mistas ou puras, sendo a cultura mista mais vantajosa visto que não precisa de um meio de produção estéril, resultando em um processo operacional mais simples e obtendo rendimentos maiores de produção de H₂ [7]. Apesar do uso de uma cultura bacteriana mista como inóculo apresentar uma redução significativa no custo operacional, especialmente se essa cultura vier de fontes naturais, como o lodo de esgoto, a provável presença de microrganismos consumidores de H₂ nessas culturas é um malefício desse processo. A fim de contornar esse efeito, um pré-tratamento do inóculo deve ser realizado com o intuito de inibir ou eliminar os microrganismos consumidores de H₂ [4].

Ao final do processo fermentativo, resta um efluente rico em ácidos acético e butírico e com elevada DQO, o HPLW (do inglês, *hydrogen production liquid waste*), o qual pode ser utilizado como matéria-prima para a metanogênese.

Apesar de o gás metano ser um dos principais responsáveis pelo efeito estufa, ele é, também, considerado uma importante fonte alternativa de energia [8]. Por se tratar de um gás com elevado poder calorífico, próximo ao do gás natural, o biogás produzido por digestão anaeróbia, é uma alternativa limpa e viável aos combustíveis fósseis [9, 10].

O biogás produzido pela digestão de matérias-primas com alto teor de carga orgânica gera em torno de 48-65% de metano. Ao se controlar esse processo de digestão anaeróbia acaba-se comedindo o processo de decomposição desse material orgânico em um ambiente selado, que será encaminhado para a queima e geração de energia, liberando dióxido de carbono neutro de volta para o ciclo do carbono [11]. Ao separar o processo de digestão anaeróbia em dois, é possível obter uma maior constância aos diferentes grupos de microorganismos que atuam nas fases acidogênica e metanogênica, garantindo assim uma maior estabilidade do processo. Além de que, a digestão anaeróbia em duas etapas permite a obtenção de um rendimento maior de energia além de evitar que o hidrogênio produzido na etapa acidogênica seja consumido na etapa seguinte [12].

Estudos anteriores realizados no Laboratório de Biocatálise do Instituto Nacional de Tecnologia mostraram resultados promissores na obtenção de hidrogênio por meio da fermentação de variados resíduos agroindustriais, empregando o lodo anaeróbio de estação de tratamento de esgoto como inóculo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da vinhaça e do suco de sisal como matérias-primas para geração de hidrogênio e metano biológicos a partir dos processos de fermentação e digestão anaeróbia. Desta forma, pretende-se determinar o potencial energético deste material e promover a valorização deste efluente agroindustrial brasileiro.

Palavras-chave: Produção biológica de hidrogênio, resíduos agroindustriais, digestão anaeróbia.

Objetivo Geral

O objetivo do projeto consiste na obtenção de H_2 e CH_4 por processo biológico, utilizando como matérias-primas o a vinhaça decorrente da destilação de etanol e o efluente gerado pela indústria de sisal.

Objetivo Específico 1: Caracterizar a vinhaça e suco de sisal (carga orgânica, sólidos, pH, CHN, ácidos graxos);

Objetivo Específico 2: Padronizar a metodologia analítica para quantificação de metabólitos oriundos do processo fermentativo, empregando técnicas de cromatografias líquida e gasosa;

Objetivo Específico 3: Selecionar o tipo pré-tratamento do lodo anaeróbio mais adequado ao processo;

Objetivo Específico 4: Produzir hidrogênio via fermentação anaeróbia do suco de sisal e da vinhaça, utilizando o lodo anaeróbio pré-tratado como inoculo;

Objetivo Específico 5: Selecionar os parâmetros do processo de fermentação que influenciam na produção de H_2 a partir de suco de sisal e de vinhaça;

Objetivo Específico 6: Otimizar o processo de produção de hidrogênio via fermentação do suco de sisal e de vinhaça;

Objetivo Específico 7: Produzir CH_4 a partir de suco de sisal e de vinhaça;

Objetivo Específico 8: Selecionar os parâmetros do processo de digestão anaeróbia que influenciam na produção de CH_4 ;

Objetivo Específico 9: Otimizar a produção de CH_4 a partir da digestão anaeróbia do suco de sisal e de vinhaça;

Objetivo Específico 10: Produzir metano a partir do efluente proveniente da produção de hidrogênio.

Objetivo Específico 11: Selecionar os parâmetros do processo de digestão anaeróbia que influenciam na produção de CH_4 a partir do HPLW;

Objetivo Específico 12: Otimizar o processo de produção de metano via fermentação anaeróbia HPLW.

Objetivo Específico 13: Avaliar economicamente os processos de (i) produção de H_2 a partir de suco de sisal e de vinhaça; (ii) produção de CH_4 a partir de suco de sisal e de vinhaça; e (iii) produção sequencial de H_2 e CH_4 a partir de suco de sisal e de vinhaça.

Objetivo Específico 14: elaborar relatórios técnicos e apresentar trabalhos em congressos;

Objetivo Específico 15: publicar artigos científicos em revistas indexadas e depositar patente com conteúdo inovador

Modalidade de Bolsas

Para o desenvolvimento deste projeto e de projetos que poderão surgir a partir dos resultados obtidos na proposta apresentada, necessitamos de uma bolsa PCI-DD, com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química, Química, Ciências Biológicas, Biotecnologia, Bioprocessos/ Graduação	Biocatálise, Bioquímica, Biotecnologia, Bioprocessos e áreas afins	1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10,11,12,13	DD	60	1

Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Biocatálise (LABIC) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Viridiana Santana Ferreira-Leitão.

Atividade 1: Caracterização suco de sisal e da vinhaça.

Atividade 2: Padronização das metodologias analíticas para quantificação de metabólitos por cromatografia líquida ou gasosa.

Atividade 3: Seleção do pré-tratamento do lodo anaeróbio.

Atividade 4: Obtenção de hidrogênio via fermentação do suco de sisal e de vinhaça, utilizando o lodo anaeróbio pré-tratado.

Atividade 5: Determinação dos parâmetros relevantes para a produção de H₂ a partir do suco de sisal e de vinhaça.

Atividade 6: Otimização do processo fermentativo de produção de hidrogênio biológico.

Atividade 7: Obtenção de metano a partir do suco de sisal e de vinhaça, utilizando o lodo anaeróbio *in natura*.

Atividade 8: Determinação dos parâmetros relevantes para a produção de CH₄ a partir do suco de sisal e de vinhaça.

Atividade 9: Otimização do processo de produção de metano.

Atividade 10: Obtenção de metano a partir do HPLW.

Atividade 11: Determinação dos parâmetros relevantes para a produção de CH₄ a partir do HPLW.

Atividade 12: Otimização do processo de produção de metano a partir do HPLW.

Atividade 13: Avaliação econômica do processo de produção de H₂ a partir de suco de sisal e de vinhaça.

Atividade 14: Avaliação econômica do processo de produção de CH₄ a partir de suco de sisal e de vinhaça.

Atividade 15: Avaliação econômica do processo de produção de H₂ e CH₄ sequencial.

Atividades 16: Elaboração de relatórios técnicos e participação em congressos científicos.

Atividade 17: Publicação de artigos científicos ou depósito de patente.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Atividade 1	1	Ensaio realizados	20				
Atividade 2	2	Ensaio realizados	50				
Atividade 3	3	Ensaio realizados	50				
Atividade 4	4	Ensaio realizados	50				
Atividade 5	5	Ensaio realizados		200			
Atividade 6	6	Ensaio realizados		50			
Atividade 7	7	Ensaio realizados			50		
Atividade 8	8	Ensaio realizados			200		
Atividade 9	9	Ensaio realizados			50		
Atividade 10	10	Ensaio realizados				50	

Atividade 11	11	Ensaaios realizados				200	
Atividade 12	12	Ensaaios realizados				50	50
Atividade 13	13	Análises realizadas					2
Atividade 14	13	Análises realizadas					2
Atividade 15	13	Análises realizadas					2
Atividade 16	14	Análises realizadas	1	1	1	1	1
Atividade 17	15	Análises realizadas	1	1	1	1	1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1	x									
Atividade 2	x									
Atividade 3	x									
Atividade 4		x								
Atividade 5			x							
Atividade 6				x						
Atividade 7					x					
Atividade 8					x	x				
Atividade 9						x				
Atividade 10							x			
Atividade 11							x	x		
Atividade 12								x	x	
Atividade 13										x
Atividade 14										x

Atividade 15										X
Atividade 16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Atividade 17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Produtos

Produto 1: Caracterização do suco de sisal e da vinhaça;

Produto 2: Protocolo de pré-tratamento do lodo anaeróbio;

Produto 3: Protocolo de produção de hidrogênio biológico;

Produto 4: Protocolo de produção de metano biológico;

Produto 5: Protocolo de obtenção sequencial de hidrogênio e metano;

Produto 6: Relatório de avaliação econômica dos processos

Produto 7: Relatórios técnicos e participação em congressos científicos;

Produto 8: Publicação de artigos científicos em revistas indexadas e depósito de patente.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1-2	Matéria-prima caracterizada	2				
Produto 2	3	Protocolo desenvolvido	1				
Produto 3	4-6	Protocolo desenvolvido		1			
Produto 4	7-9	Protocolo desenvolvido			1		
Produto 5	10-12	Protocolo desenvolvido					1
Produto 6	13	Relatório	1	1	1	1	1
Produto 7	14	Relatório / Trabalho completo nacional	2	2	2	2	2
Produto 8	15	Artigo / patente		1	1	1	1

Resultados Esperados

Resultado 1: Definição de metodologia para caracterização do suco de sisal e da vinhaça;

Resultado 2: Definição da metodologia analítica para quantificação dos metabólitos do processo fermentativo usando o suco de sisal e vinhaça como matéria-prima;

Resultado 3: Determinação da melhor técnica pra o pré-tratamento do lodo anaeróbico;

Resultado 4: Produção de H₂ via fermentação a partir do suco de sisal e da vinhaça;

Resultado 5: Obtenção dos parâmetros que influenciam o na produção de H₂;

Resultado 6: Obtenção de elevados volumes de produção de H₂ com o processo otimizado;

Resultado 7: Produção de metano via fermentação a partir do suco de sisal e de vinhaça;

Resultado 8: Obtenção dos parâmetros que influenciam o na produção de metano;

Resultado 9: Obtenção de elevados volumes de produção de metano com o processo otimizado;

Resultado 10: Produção de metano via fermentação a partir do HPLW;

Resultado 11: Obtenção dos parâmetros que influenciam o na produção de metano;

Resultado 12: Obtenção de elevados volumes de hidrogênio e metano;

Resultado 13: Análise econômica dos processos.

Resultado 14: Redação de relatórios técnicos e participação em congressos científicos;

Resultado 15: Publicação de artigos científicos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1	1	Metodologia definida	2				
Resultado 2	2	Metodologia definida	2				
Resultado 3	3	Metodologia definida		2			
Resultado 4	4	Ensaio realizados		50			
Resultado 5	5	Ensaio realizados		200			
Resultado 6	6	Ensaio realizados		50			
Resultado 7	7	Ensaio realizados			50		
Resultado 8	8	Ensaio realizados			200		
Resultado 9	9	Ensaio realizados			50		
Resultado 10	10	Ensaio realizados				50	
Resultado 11	11	Ensaio realizados				200	
Resultado 12	12	Ensaio realizados					50
Resultado 13	13	Análise realizada					6

Resultado 14	14	Números de relatórios e congressos	2	2	2	2	2
Resultado 15	15	Números de artigos científicos publicados e pedidos de patente		1	1	1	1

Referências Bibliográficas

- [1] Antônio Djalma Nunes Ferraz Júnior, Cláudia Etchebehere, Marcelo Zaiat, High organic loading rate on thermophilic hydrogen production and metagenomic study at an anaerobic packed-bed reactor treating a residual liquid stream of a Brazilian biorefinery, *Bioresource Technology*, Vol. 186, 81–88, 2015
- [2] FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em 22/08/2018. 2016
- [3] Milena Ferreira Costa ; Juan Tomás Ayala Osuna ; Hugo Neves Brandão ; Mitsue Haraguchi ; Carlos Alberto da Silva Ledo. Composição química e toxicidade foliar de extratos do resíduo líquido de sisal. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, V. 26, n.3, p. 372 - 384, Jul./Set. 2014
- [4] Lívian R. Vasconcelos de Sá, Magali C. Cammarota e Viridiana S. Ferreira-Leitão. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VIA FERMENTAÇÃO ANAERÓBIA – ASPECTOS GERAIS E POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS BRASILEIROS. *Quim. Nova*, Vol. 37, No. 5, 857-867, 2014
- [5] Patcharee Intanoo, Patcharaporn Chaimongkol, Sumaeth Chavadej. Hydrogen and methane production from cassava wastewater using two-stage upflow anaerobic sludge blanket reactors (UASB) with an emphasis on maximum hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*. V. 41, n. 14, p. 6107-6114, abr. 2016
- [6] Cristiane Marques dos Reis, Mariana Fronja Carosia, Isabel Kimiko Sakamoto, Maria Bernadete Amancio Varesche, Edson Luiz Silva. Evaluation of hydrogen and methane production from sugarcane vinasse in an anaerobic fluidized bed reactor. *International journal of hydrogen energy*. V. 40, p. 8498-8509, 2015.
- [7] Mariana de Oliveira Faber, Viridiana Santana Ferreira-Leitão. Optimization of biohydrogen yield produced by bacterial consortia using residual glycerin from biodiesel production. *Bioresource Technology*. V. 219, p. 365–370, 2016.
- [8] CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos "aterros sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil. 2004. Disponível <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/-aba-hrefcepea-mmaphpdestaque-estudo-do-potencial-da-geracao-de-energia-renovavel-proveniente-dos-aterros-sanitarios-nas-regioes-metropolitanas-e-grandes-cidades-do-brasil-a-b.aspx>>. Acesso em 14 de setembro de 2018.

- [9] Younes Noorollahi, Mehdi Kheirrouz, Hadi Farabi Asl, Hossein Yousefi, Ahmad Hajinezhad. Biogas production potential from livestock manure in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 50, p. 748–754, 2015.
- [10] Lucas Tadeu Fuess, Marcelo Loureiro Garcia. Bioenergy from stillage anaerobic digestion to enhance the energy balance ratio of ethanol production. *Journal of Environmental Management*. V. 162, p. 102-114, 2015.
- [11] Alastair J. Ward, Phil J. Hobbs, Peter J. Holliman, David L. Jones. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*. V. 99, p. 7928–7940, 2008.
- [12] Noha Nasr, Elsayed Elbeshbishy, Hisham Hafez, George Nakhla, M. Hesham El Naggar. Comparative assessment of single-stage and two-stage anaerobic digestion for the treatment of thin stillage. *Bioresource Technology*. V. 111, p. 122–126, 2012.

Equipe

Viridiana Santana Ferreira-Leitão

Projeto 4- Obtenção de manose, manano-oligossacarídeos e componentes antioxidantes, por rotas quimioenzimáticas, a partir das sementes de açaí e Juçara

Introdução

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira nativa da América do Sul e Central, abundante na região amazônica [1]. Em 2016, a produção brasileira de açaí foi de 1,3 milhões de toneladas (<http://sidra.ibge.gov.br>), com a movimentação de R\$ 33 bilhões de reais [2]. A palmeira Juçara (*Euterpe edulis*) gera frutos quase idênticos ao açaí em valor nutricional, sabor, coloração e textura, porém, diferentemente do açaizeiro, é uma espécie endêmica da Mata Atlântica [3, 4]. A Juçara está na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção devido à sua exploração predatória e clandestina para a extração de palmito, sendo hoje protegida por lei. Nos últimos anos, iniciativas vêm estimulando o seu replantio e tentando demonstrar que a colheita dos frutos da Juçara gera mais renda para as comunidades rurais do que a derrubada ilegal da palmeira para extrair o palmito. Como exemplo, há cerca de quatro anos está em curso em Resende (RJ) o “Projeto Amável - a Mata Atlântica sustentável”, que conta com o apoio do Governo do Estado e que tem entre seus principais objetivos o repovoamento da Juçara na Mata Atlântica, com o replantio de até 10 milhões de palmeiras [5].

O açaí e o fruto da Juçara apresentam características semelhantes, contendo uma parte comestível que equivale a cerca de 10% dos frutos e uma única semente, cuja massa corresponde aos 90% restantes [6, 7]. A partir dos dados de produção de açaí, estima-se que 1,1 milhão de toneladas de sementes são geradas por ano na região amazônica como resíduo agroindustrial, resultante da comercialização da polpa. Hoje, uma pequena quantidade de sementes é aproveitada para artesanato, alimentação animal e como adubo, porém essas aplicações não são suficientes, e uma grande parte desse resíduo se acumula sem métodos de descarte apropriados, resultando em um grave problema ambiental e urbano no Norte do país. Em contrapartida, a produção dos frutos de Juçara ainda é incipiente se comparada ao açaí; no entanto, com o sucesso das iniciativas de incentivo à produção e comercialização desses frutos, futuramente, o mesmo problema de acúmulo de sementes se apresentará nas áreas produtoras. Por isso, é de grande interesse ambiental, econômico e social encontrar novas aplicações para as sementes de açaí e de Juçara, simultaneamente, agregando maior valor às suas cadeias produtivas. De forma a explorar um resíduo e determinar suas aplicações, é de suma importância conhecer a sua composição, porém poucos estudos sistemáticos foram realizados com as sementes dessas palmeiras brasileiras.

Objetivo Geral

A presente proposta tem o objetivo estudar o aproveitamento do resíduo proveniente do despolpamento do açaí (*E. oleracea*) e Juçara (*E. edulis*) a partir da caracterização química avançada dos polissacarídeos e componentes fenólicos das sementes para o desenvolvimento de rotas quimioenzimáticas de obtenção de manose,

manano-oligossacarídeos e componentes fenólicos antioxidantes. Para isso, pretende-se como objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Isolar os carboidratos das sementes de açaí e Juçara e elucidar as suas estruturas;

Objetivo Específico 2: Otimizar as condições de hidrólise ácida com ácidos dicarboxílicos por planejamento experimental através da avaliação das condições de processo, tais como: tempo, temperatura, concentração de ácido e relação sólido:líquido;

Objetivo Específico 3: Avaliar preparações enzimáticas comerciais e produzidas em laboratório para a hidrólise das sementes in natura e do resíduo sólido obtido após a hidrólise com ácidos diluídos quanto ao seu potencial de liberação de manose e manano-oligossacarídeos;

Objetivo Específico 4: Desenvolver metodologias para quantificar um amplo espectro de compostos fenólicos solúveis, insolúveis ou complexados nas sementes;

Objetivo Específico 5: Otimizar a extração de componentes fenólicos das sementes de açaí e Juçara por solvente e por enzimas comerciais.

Objetivo Específico 6: Avaliar a ação antioxidante dos extratos fenólicos obtidos das sementes.

Objetivo Específico 7: Caracterização química desses metabólitos fenólicos das sementes de açaí e Juçara.

Modalidade Bolsas

A necessidade de agregar um jovem pesquisador cuja experiência profissional é fundamental para garantir a execução deste plano de trabalho e formar recursos

humanos na área do projeto, através de treinamento de alunos de graduação e pós-graduação. Além de auxiliar na difusão dos resultados do projeto para a sociedade através de ações de divulgação científica e publicações em periódicos especializados.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química, Química, Ciências Biológicas, Biotecnologia, Bioprocessos/ Doutorado	Biocatálise, Bioquímica, Biotecnologia, Bioprocessos e áreas afins	1-7	DD	60	1

Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Biocatálise (LABIC) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Ayla Sant'Ana da Silva.

Atividade 1: Preparo e caracterização de lote 1 de amostras recebidas com o objetivo de guiar próximas etapas de otimização do estudo.

Atividade 2: Otimização da metodologia de hidrólise ácida dos carboidratos por ácidos orgânicos dicarboxílicos.

Atividade 3: Desenvolvimento de protocolos para quantificação dos metabólitos fenólicos dos extrativos das amostras do lote 1.

Atividade 4: Realização de um estudo comparativo entre os rendimentos da hidrólise ácida das biomassas do lote 1 com uso do ácido oxálico e ácido maleico.

Atividade 5: Otimização da extração dos componentes fenólicos por solventes e por enzimas com o propósito de melhorar o rendimento da extração desses metabólitos.

Atividade 6: Preparo e caracterização de lote 2 de amostras recebidas para auxiliar nas próximas etapas do trabalho.

Atividade 7: Otimização de hidrólise enzimática, por enzimas comerciais, para liberação dos carboidratos das biomassas dos lotes 1 e 2.

Atividade 8: Realização de estudo comparativo entre rendimento entre a obtenção de manose e manano-oligossacarídeos pelas enzimas testadas.

Atividade 9: Medição da atividade antioxidante dos extrativos das biomassas dos lotes 1 e 2 por DPPH E ABTS.

Atividade 10: Elaboração de um estudo comparativo da ação antioxidante dos extrativos obtidos e padrões analíticos comerciais.

Atividade 11: Identificação dos componentes fenólicos por metodologias analíticas adequadas como CLAE-EM.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Atividade 1	1-7	Apresentação da caracterização dos carboidratos e extrativos das amostras.	25				
Atividade 2	1-3	Apresentação do teor de carboidratos liberados após hidrólise por CLAE-IR	30				
Atividade 3	4	Descrição do protocolo para a quantificação dos metabólitos secundários		25			
Atividade 4	1-3	Apresentação da avaliação comparativa da liberação de manose por após hidrólise ácida		25			

Atividade 5	5	Apresentação da avaliação comparativa do conteúdo fenólico dos extratos obtidos			50		
Atividade 6	1-7	Informe da caracterização dos carboidratos e extrativos das amostras			25		
Atividade 7	3	Informe do teor de manose e oligo-sacarídeos liberados após hidrólise por CLAE-IR				100	
Atividade 8	3	Apresentação da comparação da determinação de carboidratos pelas metodologias testadas.				100	
Atividade 9	6	Exposição da determinação da ação da atividade antioxidante pelas metodologias testadas					100

Atividade 10	6	Informe das atividades antioxidantes encontradas com padrões comerciais e analíticos						50
Atividade 11	7	Descrição das estruturas dos componentes dos extrativos das biomassas dos lotes 1 e 2						25

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividade 1	X									
Atividade 2	X	X								
Atividade 3			X							
Atividade 4			X	X						
Atividade 5					X	X				
Atividade 6					X					
Atividade 7							X	X		
Atividade 8								X		
Atividade 9									X	

Atividade 10									X	X
Atividade 11										X

Produtos

Produto 1: Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de hidrólise ácida por ácidos dicarboxílicos

Produto 2: Desenvolvimento de protocolo analítico para quantificação de fenólicos nos extrativos das biomassas.

Produto 3: Elaboração de metodologias de extração dos componentes fenólicos por solvente e por enzimas.

Produto 4: Composição de um protocolo para hidrólise enzimática das biomassas analisadas.

Produto 5: Elaboração de metodologia analítica para determinação da atividade antioxidante dos extrativos obtidos das biomassas analisadas.

Produto 6: Difundir os resultados do projeto para a sociedade através de ações de divulgação científica (pelo menos duas atividades por ano).

Produto 7: Gerar, pelo menos, quatro publicações em periódicos especializados nos seguintes temas: (i) elucidação da estrutura dos carboidratos das sementes (ii) avaliação da hidrólise com ácidos orgânicos da manana à manose (iii) produção de manose e MOS a partir das sementes por hidrólise enzimática (iv) caracterização do perfil químico e avaliação do processo de extração com solventes e enzimas dos compostos fenólicos das sementes.

Produto 8: O depósito de patentes a partir das inovações tecnológicas do projeto.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1-3	Nota técnica depositada na biblioteca da instituição	1				

Produto 2	4	Validação do protocolo desenvolvido		1			
Produto 3	5	Protocolo de extração por solvente e por enzimas			1		
Produto 4	3	Nota técnica depositada na biblioteca da instituição				1	
Produto 5	6	Protocolo de medição da ação antioxidante por DPPH e ABTS					1
Produto 6	1-7	Certificados de apresentações	2	2	2	2	2
Produto 7	1-7	Publicações científicas		1	1	1	1
Produto 8	1-7	Patente depositada		1	1	1	

Resultados Esperados

Resultado 1: Obtenção do primeiro relato da caracterização estrutural dos carboidratos dessas sementes, produzindo dessa forma um estudo que poderá ser referência na literatura.

Resultado 2: Conhecimento sobre hidrólise com ácido dicarboxílico diluído seja mais apropriada à liberação de manose das sementes, possibilitando a elaboração de um processo de único passo que envolva ácidos de menor impacto ambiental.

Resultado 3: Avaliar da atividade de diferentes enzimas visa identificar uma enzima potencial para hidrólise de mananas. Espera-se que essa enzima selecionada resulte na liberação otimizada de manose e manano-oligossacarídeos no processo de hidrólise enzimática.

Resultado 4: Através da estratégia experimental adotada, espera-se que os dados obtidos contribuam para o desenvolvimento de métodos pioneiros de liberação de manose e manano-oligossacarídeos, através da seleção de ácidos orgânicos e enzimas apropriadas, resultando em processos mais verdes.

Resultado 5: A obtenção da caracterização detalhada do perfil químico dos extratos das sementes, o que auxiliará no desenvolvimento de novos antioxidantes.

Resultado 6: Além da caracterização e identificação dos compostos, espera-se desenvolver métodos de extração verdes que sejam mais seguros e aptos para utilização em produtos alimentícios e cosméticos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Resultado 1	1-3	Descritivos detalhados das composições das biomassas analisadas	1			1	
Resultado 2	2-3	Comparação do teor de liberação de manose entre os ácidos analisados e o ácido sulfúrico	1	1			

Resultado 3	3	Crescimento no teor de manose e oligosacarídeos liberados.				1	
Resultado 4	1-3	Avaliação do processamento das biomassas testadas				1	
Resultado 5	5-7	Aumento do rendimento de fenólicos nos extrativos e comparação da atividade antioxidante dos extrativos e padrões comerciais					1
Resultado 6	4 e 7	Obtenção de um método e um produto rico em fenólicos e em ação antioxidante					1

Referências Bibliográficas

[1] Yamaguchi, K. K. D. L., Pereira, L. F. R., Lamarão, C. V., Lima, E. S. & Da Veiga-Junior, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. *Food Chem.* **179**, 137–151 (2015).

[2] IBGE, 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/en/2184-news-agency/news/16885-output-of-assai-berry-amounted-to-1-1-million-metric-tons-in-2016.html>>

[3] Lorenzi, H. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora (2006).

[4] Bicudo, M. O. P., Hoffmann, R., Beta, T. Anthocyanins, Phenolic Acids and Antioxidant Properties of Juçara Fruits (*Euterpe edulis* M.) Along the On-tree Ripening Process. *Plant Foods Hum. Nutr.* **69**, 142-147 (2014).

[5] Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/projeto-quer-plantar-10-milhoes-de-palmeiras-jucara-no-rio-13996510> (2014).

[6] Borges, G. S. B., *et al.* Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Research Intern.* **44**, 2128–2133 (2011).

[7] Wycoff, W. *et al.* Chemical and nutritional analysis of seeds from purple and white açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *J. Food Compos. Anal.* **41**, 181–187 (2015).

Equipe

Ayla Sant’Ana da Silva

Projeto 5- Química analítica como ferramenta para elucidação de estruturas moleculares

Introdução

Um grande desafio da química analítica moderna refere-se à elucidação estrutural de compostos orgânicos e inorgânicos presentes em matrizes complexas, tais como medicamentos, alimentos e produtos fumígenos. Esse revés analítico, associado à necessidade de caracterização de compostos traços, possibilitou a evolução e disseminação de diversas técnicas cromatográficas integradas aos mais variados detectores, como espectrômetro de massas, ultravioleta e espalhamento de luz, os quais possibilitam a análise de diversos produtos presentes em matrizes distintas, tais como água, solo, fumaça e efluentes [1].

No universo dos compostos orgânicos, pode-se destacar a extensa variedade de aditivos (*i.e.* flavorizantes e aromatizantes) empregados em vários produtos comerciais produzidos em larga escala e amplamente utilizados na sociedade moderna. Contudo, a análise estrutural de alguns desses compostos evidencia a presença de vários grupos toxicofóricos, como cetonas α - β -insaturadas com alto caráter eletrofílico, capazes de interagir com biomacromoléculas nucleofílicas como o DNA [2].

Apesar disso, nas duas últimas décadas, as indústrias tabagistas aumentaram os investimentos sobre a inclusão desses aditivos nas formulações de produtos fumígenos, a fim de mascarar sabores, odores e sensações desagradáveis, tornando estes produtos mais atraentes e palatáveis, e conseqüentemente aumentando o apelo à prática tabagista e a iniciação do público jovem [3]. Ademais, estudos demonstram que as toxinas presentes nas fumaças de cigarros aumentaram significativamente após o incremento desses aditivos, ratificando a toxicidade inerente desses compostos [4]. Nesse contexto, tendo em vista o impacto na saúde dos usuários, a Anvisa publicou a RDC nº 14 de 2012, que dispõe, entre outras coisas, sobre a proibição do uso de aditivos nos produtos fumígenos derivados do tabaco [5].

Este cenário, associado à ausência de pesquisas científicas sobre a elucidação estrutural dos aditivos utilizados em cigarros e derivados do tabaco comercializados no Brasil, evidencia de forma iminente a necessidade de avaliação periódica desses produtos. Ademais, a complexidade técnica relativa à análise da matriz de tabaco, exige o desenvolvimento de métodos analíticos precisos, robustos e sensíveis capazes de caracterizar de forma inequívoca a identidade molecular dos aditivos detectados, os quais apresentam uma ampla diversidade estrutural (*i.e.* espécies contendo alcoóis, ácidos carboxílicos, cetonas e ésteres), auxiliando na determinação do *fingerprint* dessas amostras.

Nesse contexto, o Instituto Nacional de Tecnologia tem em sua estrutura o Laboratório de Tabaco e Derivados (LATAB) que apresenta um histórico de

desenvolvimento científicos associado ao estudo do tabaco como matriz principal, sendo capaz de desenvolver a pesquisa supracitada.

Palavras-chave

Objetivo Específico 1: *espectrometria de massas; aditivos; tabaco.*

Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento e validação de metodologias analíticas que serão utilizadas na caracterização da identidade molecular de aditivos presentes em tabaco e produtos derivados.

Objetivo Específico 1: Estudo do perfil de massas para determinação de flavorizantes e aromatizantes presentes em tabaco e produtos derivados, através de espectrometria de massas.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Mestre em Química ou Ciências	Espectrometria de massas	1	DC	60	1

Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Revisão bibliográfica	1	Relatório com a revisão bibliográfica	01	01	01	01	01

Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01	01	01	01	01
Treinamento operacional nos equipamentos	1	Relatório dos treinamentos realizados	01	NA	NA	NA	01
Levantamento de insumos	1	Planilha de insumos levantados	01	01	01	01	01
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em cigarros	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	NA	01	01	NA	NA
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de cigarros comerciais	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01	NA	NA	NA
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de cigarros comerciais	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01	NA	NA	NA
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em produtos derivado do tabaco (p.ex. fumo)	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	NA	NA	01	NA	NA

Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivado do tabaco	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	NA	01	01	NA
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivado do tabaco	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	NA	01	01	NA
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal (p.ex. cigarros eletrônicos)	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	NA	NA	NA	01	NA
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	NA	NA	01	01

Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	NA	NA	NA	01
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)	1	Relatórios elaborados	02	02	02	02	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	1	Apresentação oral	01	01	01	01	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	1	Trabalhos elaborados para eventos científicos	01	02	02	02	01
Elaboração e submissão de artigos científicos	1	Artigo científico elaborado e submetido	NA	NA	01	01	NA
Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	NA	NA	NA	NA	01

NA – Não Aplicável

Cronograma de Atividades

Objetivo específico 1

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Revisão bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Planejamento das etapas experimentais	x		x		x		x		x	
Treinamento operacional nos equipamentos	x	x								
Levantamento de insumos	x		x		x		x		x	
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em cigarros		x	x							
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de cigarros comerciais			x	x						
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de cigarros comerciais			x	x						
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em produtos derivados do tabaco					x	x				
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivados do tabaco						x	x			
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivados do tabaco						x	x			

Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal								X		
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal								X	X	
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal									X	X
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição (finalidade de divulgar os resultados obtidos, propiciar discussões técnicas e difusão do conhecimento)		X		X		X		X		X
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos para eventos científicos		X	X	X	X	X	X	X	X	
Elaboração e submissão de artigos científicos						X		X		
Elaboração do relatório final do projeto										X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	00	00	01	01	00
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	00	00	00	01	01
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e/ou apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	01	02	02	02	01

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
			9	0	1	2	3

Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para avaliação dos aditivos (<i>i.e.</i> flavorizantes e aromatizantes) constituintes de tabaco e produtos derivados para auxiliar a erradicação do tabagismo e minimizar sua iniciação.	1	-	-	-	-	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQAN/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01	02	02	03	02
Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	1	Nº de artigos científicos publicados Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01	02	02	03	02

Membros da equipe:

Objetivo específico 1:

Simone Carvalho Chiapetta
Vivianne Galvão Martins

Natália Guimarães de Figueiredo
Bolsista PCI- DC

Referências Bibliográficas

- [1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.
- [2] [Rabinoff](#), M. et al. Pharmacological and Chemical Effects of Cigarette Additives. [Am J Public Health](#), 97, 11, 1981–1991. 2007.
- [3] Wertz, M. S. The Toxic Effects of Cigarette Additives. Philip Morris’ Project Mix Reconsidered: An Analysis of Documents Released through Litigation. *Plos Medicine*, 8, 12, 1-15. 2011.
- [4] Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 14 de 15 de março de 2012. Dispõe sobre os limites máximos de alcatrão, nicotina e monóxido de carbono nos cigarros e a restrição do uso de aditivos nos produtos fumígenos derivados do tabaco. Diário Oficial da União, nº 53, 16 de março de 2012. Seção 1. p. 176.

Projeto 6- Tecnologia Analítica para Produtos e Processos

Introdução

O desenvolvimento de metodologias analíticas para o acompanhamento e otimização de processos é de grande importância para os setores industriais. Podem-se realizar estudos de novas metodologias e tecnologias analíticas voltadas para a caracterização e quantificação de matérias primas, contaminantes, intermediários e produtos acabados. Para isso, buscam-se empregar técnicas instrumentais avançadas, tais como de cromatografia gasosa com diferentes detecções (DIC, DTC, EM), cromatografia líquida de alta eficiência com diferentes detecções (DAD, EM), por espectroscopia de infravermelho (FTIR), cromatografia iônica (detectores condutométrico, amperométrico e UV-Vis), técnicas de espectrometria de emissão e absorção atômica (ICP-OES e EAA), técnicas de fluorescência de raios X e microscopia, envolvendo ainda técnicas de preparo de amostras como extração por *Soxhlet*, em fase sólida (SPE e SPME) e *headspace* (HS). Todas as tecnologias analíticas desenvolvidas têm ampla aplicação em diversos segmentos industriais tais como, petróleo e petroquímica, medicamentos, cosméticos, materiais poliméricos e alimentos.

No que diz respeito à indústria alimentícia, sabe-se que esta produz, atualmente, uma enorme quantidade de passivos ambientais, os quais apresentam, ainda, grande valor de mercado, uma vez que são fontes de compostos antioxidantes como os compostos fenólicos, carotenoides e vitamina C, dentre outros. Este é o caso da agroindústria de processamento de juçara e umbu, duas frutas nativas de relevante potencial socioeconômico. Neste sentido, por meio de etapas de extração, separação e purificação, sempre acompanhadas por técnicas analíticas adequadas, é possível obter ingredientes de grande interesse industrial, uma vez que estes podem ser utilizados em formulações alimentícias como substituto integral ou parcial de conservadores, corantes e até mesmo antioxidantes sintéticos.

Assim, o reaproveitamento do resíduo da agroindústria se apresenta como uma alternativa promissora, pois atende a demanda de consumidores que buscam alternativas mais saudáveis para a sua alimentação, além da redução do impacto ambiental provocado pelo descarte inadequado do mesmo. Quanto aos estudos com infusões de plantas medicinais, as técnicas analíticas possibilitam a elucidação de seus compostos potencialmente funcionais, permitindo, assim, relacionar composição química e efeitos fisiológicos. Destaca-se que, além dos compostos tradicionalmente presentes nas infusões, como é o caso dos flavonoides, o óleo essencial, obtido por hidrodestilação, é um ingrediente complexo devido ao elevado número de compostos voláteis e, como no caso da pata de vaca, pouco explorado. Entretanto, estudos ressaltam a contribuição biológica destes compostos voláteis.

Especificamente a monitorização dos parâmetros de qualidade das águas naturais, efluentes industriais e etapas dos processos industriais apresentam uma

necessidade de investigação crescente devido às exigências de proteção ambiental e introdução de novas tecnologias analíticas adaptáveis à indústria. As substâncias presentes em vários tipos de efluentes industriais podem ser classificadas como produtos químicos, físicos, biológicos e radiológicos.

Para o monitoramento dos metais Fe, Cu, Cr, Mn, Pb duas técnicas são tradicionalmente empregadas: a Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS) e a Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). No entanto, apresentam algumas desvantagens tais como elevados custo de análise, grande quantidade de amostra requerida e grande geração de passivos ambientais. A técnica analítica de Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total (TXRF) utiliza uma pequena quantidade de amostra ($\leq 10\mu\text{L}$), que garante a formação de um filme fino e torna desnecessário métodos de correção por efeito de matriz. A alta sensibilidade alcançada ($\mu\text{g/L}$), baixo custo de manutenção, pequena quantidade de consumíveis, rapidez e a versatilidade, tornaram-na uma poderosa ferramenta para a análise química. Desta forma, com a simplicidade e eficiência da técnica TXRF a sua utilização pode ter grande empregabilidade em diversos setores industriais através de quantificação de metais por exemplo na análise de efluentes industriais e de alguma etapa do processo industrial.

Para a análise de ânions e cátions (F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) métodos tradicionais empregam análises por titulação e colorimetria. Essas técnicas apresentam limitações com relação às interferências elementares, dificuldade de automatização e geração de passivos ambientais pelo grande uso de reagentes. Assim, a cromatografia de íons tornou-se uma alternativa para laboratórios que necessitam analisar um grande número de amostras. A técnica permite a quantificação de cátions e ânions simultaneamente. Existe a necessidade de desenvolvimento e validação de métodos analíticos que atendam aos órgãos de fiscalização ambiental e às indústrias explorando as possibilidades analíticas de preparação de amostras *inline* e avaliação das possibilidades das três formas de detecção (condutométrica, amperométrica e UV-visível).

Assim, o uso de técnicas analíticas de ponta, torna possível o acompanhamento de processos para obtenção de produtos cada vez mais específicos, por auxiliarem a avaliação dos efeitos das variáveis de processos no produto final. Além disso, permitem o monitoramento dos efluentes dos processos industriais. Como também podem contribuir para a prospecção de compostos antioxidantes em plantas nativas da biodiversidade brasileira.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 3, podendo-se citar algumas linhas de pesquisas já desenvolvidas/em desenvolvimento: (i) Otimização e implantação de novas metodologias de cromatografia, aplicados ao controle da oxidação de biodiesel (ii) - Avaliação da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de resíduo de frutas e hortaliças em formulação em produto alimentício com avaliação de aspectos nutricionais; (iii) Caracterização química e avaliação do

potencial da sálvia (*salvia officinalis*) e pata-de-vaca (*bauhinia forficata*) para o tratamento de diabetes tipo II; (iv) Microencapsulação de extrato hidroetanólico de resíduo de juçara; (v) Aproveitamento da casca de banana como fonte de antioxidantes; (vi) Desenvolvimento, otimização e validação da espectrometria de fluorescência de raios-X por reflexão total; (vii) Oligomerização do glicerol.

Palavras-chave

Objetivo Específico 2: *aproveitamento de resíduos; compostos bioativos; plantas medicinais; cromatografia*

Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver metodologias analíticas avançadas, caracterizar e acompanhar o processamento de resíduos agroindustriais, plantas medicinais e amostras ambientais, visando a obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

Objetivo Específico 2: Caracterização química e avaliação do potencial antioxidante de plantas medicinais, como *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) e *Salvia Officinalis* (sálvia), botanicamente identificadas, e suas amostras comerciais.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Nível Médio/Técnico em Química/Alimentos/Farmácia	Análise orgânica e/ou Química de alimentos	2	D-E	60	1

Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Revisão bibliográfica – Estado da arte	2	Relatório com a revisão bibliográfica	01	NA	NA	NA	NA
Planejamento das etapas experimentais	2	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01	NA	NA	NA	NA
Levantamento de insumos	2	Planilha de insumos levantados	01	NA	NA	NA	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório dos treinamentos realizados	NA	NA	NA	NA	NA
Captação das amostras de pata de vaca e sálvia botanicamente identificada e amostras comerciais	2	Obtenção das amostras de pata de vaca e sálvia	01	NA	NA	NA	NA
Caracterização química das amostras	2	Perfil de compostos fenólicos por HPLC-MS	01	01	NA	NA	NA
Avaliação do potencial antioxidante	2	Capacidade antioxidante por FRAP, DPPH e ABTS	01	01	NA	NA	NA
Preparo e caracterização das infusões	2	Perfil de compostos fenólicos por HPLC-MS e Capacidade antioxidante por FRAP, DPPH e ABTS	NA	01	01	NA	NA
Estudo dos componentes voláteis nas infusões	2	Perfil volátil por SPME-GC-MS	NA	NA	01	01	NA

Hidrodestilação das amostras	2	Obtenção das condições operacionais para a obtenção do óleo essencial	NA	NA	NA	01	NA
Caracterização química dos óleos essenciais	2	Perfil de compostos voláteis por CG-MS e Capacidade antioxidante por DPPH	NA	NA	NA	01	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	2	Trabalhos elaborados para eventos científicos	NA	NA	01	01	01
Elaboração e submissão de artigos científicos	2	Artigo científico elaborado e submetido	NA	NA	NA	01	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	2	Relatórios elaborados	01	01	01	01	NA
Elaboração do relatório final do projeto	2	Relatório final do projeto	NA	NA	NA	NA	01

NA – Não aplicável. * Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.

Cronograma de Atividades

Objetivo específico 2

Atividades	Semestre				
	2019	2020	2021	2022	2023

	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x									
Planejamento das etapas experimentais	x									
Levantamento de insumos	x									
Treinamento operacional nos equipamentos	x	x								
Captação das amostras de pata de vaca e sálvia botanicamente identificada e amostras comerciais	x	x								
Caracterização química das amostras		x	x							
Avaliação do potencial antioxidante		x	x							
Preparo e caracterização das infusões				x	x					
Estudo dos componentes voláteis nas infusões						x	x			
Hidrodestilação das amostras							x	x		
Caracterização química dos óleos essenciais								x	x	
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos					x		x		x	
Elaboração e submissão de artigos científicos							x		x	
Elaboração de relatórios parciais (anual)		x		x		x		x		

Elaboração do relatório final do projeto										X	X
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	-	-	-	01	01
Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	-	-	01	01
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	2	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	-	-	01	01	01

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

<p>Relevância para a sociedade: Caracterização de compostos potencialmente benéficos à saúde presentes nas frações de plantas medicinais (infusões e óleo essencial de cada espécie)*</p>	<p>2</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQAN/INT)</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p>	<p>01</p>	<p>01</p>	<p>02</p>	<p>03</p>	<p>03</p>

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	2	Nº de artigos científicos publicados					
		Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01	01	02	03	03
		Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista					

*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.

Membros da equipe:

Objetivo específico 2:

Eliane Przytyk Jung;

Claudete Norie Kunigami

Bolsista PCI D-A

Referências Bibliográficas

Objetivo específico 2

- [1] COSTA, N. M. B., ROSA, C. de O. B. Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Editora Rubio, 2016.

- [2] HASENCLEVER, L., PARANHOS, J., COSTA, C. R., CUNHA, G., DIEGO VIEIRA. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p.2559-2569, 2017.
- [3] VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

Projeto 7 - Cultivo de micro-organismos para a produção de biopolímeros e substâncias de alto valor agregado.

Introdução

O projeto Coral-Sol foi iniciado em 2006 com o objetivo de solucionar o problema de bioinvasão do coral-sol, espécie originária do oceano pacífico, na costa brasileira e conservar sua biodiversidade marinha. O projeto já conta com mais de 25 parcerias institucionais e uma das vertentes deste projeto consiste no estudo de materiais poliméricos para encapsular tintas anti-incrustantes para serem aplicadas em navios. O sub-projeto aqui proposto aborda inovações tecnológicas para aumento da produtividade em biopolímeros produzidos por micro-organismos, como os PHAs (polihidroxialcanoatos). PHAs são poliésteres provenientes de fontes renováveis, sendo potenciais substitutos aos plásticos convencionais (oriundos de fontes fósseis) por apresentarem algumas propriedades físico-químicas, térmicas e mecânicas similares ao polipropileno (PP) e o polietileno de baixa densidade (LDPE). O polihidroxibutirato (PHB), por exemplo, é um PHA que pode ser nanoestruturado e utilizado como matriz encapsulante, inclusive de bioativos (como biocidas). Dependendo do micro-organismo utilizado, é possível se obter PHAs com diferentes propriedades físico-químicas, diversificando as possíveis aplicações do biomaterial. Cianobactérias produzem PHAs e uma variedade de compostos de alto valor comercial, sendo por esta razão considerada em estudos que vem sendo realizados numa parceria entre o Laboratório de Materiais Poliméricos (LAMAP) em colaboração com o Laboratório de Biotecnologia de Microalgas (LABIM). Nestes estudos, foram obtidos resultados de produção de PHAs em escala laboratorial para *A. platensis* que carecem ainda de otimização; mas, vale ressaltar que o cultivo de *A. platensis* está em fase de escalonamento, de modo que os primeiros testes de cultivo desta cepa em fotobiorreator com capacidade para 230L de cultivo já estão em andamento. *Arthrospira platensis* é capaz de produzir simultaneamente aos PHAs produtos como, por exemplo, carotenoides e ficobiliproteínas (ficocianina, aloficocianina e ficoeritrina), que, além de atuarem como pigmentos (corantes naturais) em formulações, apresentam elevado interesse industrial pelo reconhecido potencial antioxidante, atividade anti-inflamatória, entre outras propriedades. Desta forma, é possível criar processos para a produção de uma variedade importante de produtos dentro do conceito de biorrefinaria. A obtenção e processamento de biomassa de micro-organismos para a produção de uma gama de produtos de interesse comercial é um campo bastante promissor para pesquisa tecnológica. Entretanto, o desenvolvimento de produtos com competitividade no mercado é um desafio e requer grande dedicação por parte dos centros de pesquisa. O melhoramento genético de micro-organismos é uma estratégia que sido cada vez mais explorada e que gera uma infinidade de possibilidades. Nesta linha, pretende-se atrair pessoas competente no trabalho com microorganismos geneticamente modificados que possam

gerar novas microalgas capazes gerar alta produção em biopolímeros de interesse. Sendo assim, propõe-se o estudo de uma metodologia sustentável, inclusive, em maior escala, visando à otimização dos bioprocessos envolvidos, desde a produção da biomassa até a recuperação do biopolímero; sendo o processo de recuperação do biopolímero também objeto de investigação, visto que é de extrema importância a substituição de solventes clorados, utilizados neste processo, por solventes verdes. Igualmente importante, e prevista, é a utilização da ferramenta de engenharia genética com o objetivo de maximização da produtividade em biopolímero, além do estudo de outros micro-organismos produtores de PHAs. Dentre os resultados já obtidos no projeto em curso, observamos que a suplementação do meio de cultivo com glicerol, tanto puro quanto bruto, estimulou a produção de PHAs, um dado bastante interessante, pois a utilização de resíduos industriais para crescimento celular além de reduzir os custos de processo, ajuda a minimizar do impacto ambiental provocado pela disposição indevida de tais compostos. Além disso, a co-extração sequencial de carotenoides, PHAs e ficobiliproteínas foi possível e satisfatória para a proposta sustentável do projeto.

Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é consolidar a produção biotecnológica de biopolímeros por micro-organismos para a encapsulação de biocidas a serem utilizados em tintas anti-incrustantes.

Objetivo Específico 1: Avaliação do acúmulo de biopolímeros intracelulares, bem como a produção de carotenoides totais e ficobiliproteínas em microalgas e otimização dos protocolos de extração dessas biomoléculas.

Objetivo Específico 2: Aumento de escala de produção em fotobiorreator com capacidade para 230 L de cultivo e otimização do cultivo e extração de compostos em maior escala.

Objetivo Específico 3: Utilização de ferramentas de engenharia genética para a maximização da produtividade dos compostos de interesse e avaliação da performance de diferentes micro-organismos aplicados a produção de biopolímeros.

Objetivo Específico 4: Caracterização e reticulação de biopolímeros e encapsulação de bioativos.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduação	Engenharia de Bioprocessos	1, 2, 3 e 4	D-D	60	1

Atividades de Execução

Atividade 1: Realizar cultivo de microalgas em escala de bancada em diferentes composições de meio de cultivo com base no meio convencionalmente utilizado, visando determinação e maximização da produtividade em biomassa microalgal para que a partir desses dados seja realizado o aumento de escala de produção considerando o impacto econômico em termos de nutrientes.

Atividade 2: Extrair e quantificar biopolímeros, carotenoides e ficobiliproteínas na biomassa obtida em escala de bancada. Nesta atividade, será avaliado o impacto da composição do meio na produção dos compostos de interesse da biomassa.

Atividade 3: Mediante os resultados obtidos nas atividades 1 e 2, escalonar o cultivo de microalgas em fotobiorreator com capacidade para 230 L de cultivo (scale-up).

Atividade 4: Extrair e quantificar biopolímeros, carotenoides e ficobiliproteínas na biomassa obtida na atividade 3.

Atividade 5: Caracterizar os biopolímeros extraídos na biomassa microalgal em fotobiorreator mediante análise térmica, estrutural e reológica.

Atividade 6: Revisão bibliográfica sobre engenharia genética aplicada à produção de biopolímeros. Levantamento em base de dados científicos e estudo de prospecção da utilização de micro-organismos geneticamente modificados para a produção de biopolímeros.

Atividade 7: Utilizar ferramentas de engenharia genética selecionadas no Estudo da Arte realizado na atividade 6 para a maximização da produtividade dos compostos de interesse na biomassa microbiana, realizar análise de PCR e acompanhamento de crescimento das cepas mutantes.

Atividade 8: Avaliar a performance de diferentes cepas mutantes na produção de biopolímeros em relação às cepas selvagens, em termos de produtividade.

Atividade 9: Caracterizar os biopolímeros obtidos na biomassa do micro-organismo geneticamente modificado mediante análise térmica, estrutural e reológica.

Atividade 10: Nanoestruturar o biopolímero obtido na biomassa do micro-organismo geneticamente modificado, caracterizando o material nanoestruturado. A escolha do biopolímero a ser nanoestruturado será definida a partir dos resultados de caracterização obtidos na atividade 9.

Atividade 11: Encapsular bioativos na matriz do biopolímero nanoestruturado, obtido na atividade 10, avaliando a eficiência de encapsulação.

Atividade 12: Caracterizar o encapsulado obtido mediante análise térmica, estrutural e reológica.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas					
			2019	2020	2021	2022	2023	

1	1	Relatório contendo dados de produtividade em biomassa, indicando qual condição obteve a maior produtividade em biomassa.	1	-	-	-	-
2	1	Relatório contendo dados de concentração final e produtividade em biopolímeros, carotenoides e ficobiliproteínas, indicando qual condição apresentou maior produtividade nos biocompostos extraídos.	1	1	-	-	-
3	2	Relatório contendo dados de crescimento e produtividade em biomassa, indicando qual condição apresentou a maior produtividade em biomassa.	1	1	-	-	-
4	2	Relatório contendo dados de concentração final e produtividade em biopolímeros, carotenoides e ficobiliproteínas, indicando qual condição apresentou maior produtividade nos compostos extraídos.	-	1	-	-	-

5	2	Relatório contendo dados de caracterização térmica, estrutural e reológica do biopolímeros obtidos.	-	1	-	-	-
6	3	Relatório contendo prospecção tecnológica de engenharia genética aplicada à produção de biopolímeros.	-	1	-	-	-
7	3	Relatório contendo dados de PCR e crescimento dos micro-organismos geneticamente modificados.	-	-	1	-	-
8	3	Relatório contendo dados de produtividade do biopolímero em diferentes cepas mutantes e selvagens.	-	-	-	1	-
9	4	Relatório contendo dados de caracterização térmica, estrutural e reológica dos biopolímeros obtidos.	-	-	-	1	-
10	4	Relatório contendo dados de caracterização térmica, estrutural e reológica do biopolímero nanoestruturado.	-	-	-	1	-

11	4	Relatório contendo a eficiência de encapsulação do bioativo.	-	-	1	1	1
12	4	Relatório contendo a caracterização térmica, estrutural e reológica do material encapsulado.	-	-	-	-	1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividades 1 e 2	X	X								
Atividades 3, 4 e 5			X	X						
Atividades 6, 7 e 8					X	X				
Atividades 9 e 10							X	X		
Atividades 11 e 12									X	X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Artigo redigido e submetido a revista científica	1, 2, 3 e 4	E-mail, ou outro tipo de comprovação, indicando que a revista recebeu a submissão do artigo	1	1	1	1	1
Resumo redigido e submetido em evento científico	1, 2, 3 e 4	E-mail, ou outro tipo de comprovação, indicando que a coordenação do evento recebeu a submissão do resumo	1	1	1	1	1
Patente	2,3 e 4	Registro no INPI da entrada do pedido de privilégios e os relatórios de acompanhamento subsequentes	-	-	-	1	1

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Captação de projetos mediante resultados efetivos de maximização da produtividade em biomassa microalgal e de produção de biopolímeros, carotenoides e ficobiliproteínas	1,2 e 3	Documento que comprove a captação do projeto	-	1	1	-	-

Colaboração com instituições de ensino e pesquisa (melhoramento genético) e empresas para encapsulação de bioativos	3 e 4	Documento que comprove o acordo com instituições (pelo menos uma) e empresas (expectativa de duas)	-	1	-	2	-
Capacitação de profissionais e orientações	1, 2, 3 e 4	<p>Projetos de PIBIC/PIBITI (a) apresentados em evento institucional (ENICITI), defendidos, relacionados aos temas estudados neste projeto.</p> <p>OBS: todos estes projetos seriam orientados pelo supervisor da bolsa e/ou pelo bolsista PCI contratado</p>	2	2	2	2	2
Participação em bancas avaliadoras e em congressos	1, 2, 3 e 4	Declaração de participação na banca e documento que comprove participação em congressos	2	2	2	2	2

Referências Bibliográficas

[1] M. Zinn; B. Witholt; T. Egli, Adv. Drug Deliv. Rev. 53 (2001), 5-21.

- [2] S. O. Lourenço. Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações, Ed. RiMa, Brasil, 2006.
- [3] J. E. P. Estrada; P. B. Bescós; A. M. V. Del Fresno. II Farmaco. 56 (2001), 497-500.
- [4] A. C. Guedes; H.M. Amaro; F. X. Malcata. Marine Drugs. 9 (2011), 625-644.
- [5] L. A. Silva. Estudo do processo biotecnológico de produção, extração e recuperação do pigmento ficocianina da *Spirulina platensis*, Dissertação de Mestrado, Univ. Fed. do Paraná, 2008.

Projeto 8- Avaliação das potencialidades de microalgas para a produção de produtos de alto valor comercial

Introdução

As microalgas são ricas em uma grande diversidade de produtos de interesse para vários ramos industriais (alimentos, nutracêuticos, cosméticos, rações), e destacam-se na produção de proteínas, pigmentos (ficocianina e carotenoides), ácidos graxos essenciais, etc., em comparação aos vegetais superiores. Além disto, especialmente as cianobactérias vêm sendo consideradas para a produção de biopolímeros (polihidroxicarboxilatos), que têm uma enorme diversidade de aplicações. Ainda há um campo vasto de pesquisa para a descoberta de novas cepas com altas potencialidades para a produção de produtos de interesse comercial, ampliação do uso desta biomassa e produção de forma economicamente viável a cada finalidade. Sobre os processos de cultivo, ainda há lacunas com respeito, por exemplo, ao uso de meios alternativos, incluindo aqueles produzidos com base em resíduos, e o uso de fontes luminosas de mais alta eficiência energética e para a fotossíntese. No Laboratório de Biotecnologia de Microalgas (LABIM), temos focado em pesquisas sobre processos de cultivo e pós-cultivo de microalgas e com vistas à produção da biomassa em cultivos de maior escala, sendo que para o escalonamento da produção e testes de sistema patenteado pelo nosso grupo, foi construída, com recurso de projeto FINEP, uma planta piloto de produção de biomassa microalgal. Nos experimentos em escala laboratorial, para o aumento da produtividade em biomassa e em pigmentos (ficocianina e carotenoides) foi evidenciada a importância da qualidade espectral da luz utilizada nos cultivos, no caso da microalga *Arthrospira platensis* (Lima *et al*, 2018). Já a *Spirulina labyrinthiformis* vem sendo cultivada com efluente de tratamento secundário de esgoto doméstico e vem crescendo satisfatoriamente. Resultados animadores de produtividade em biomassa foram observados em cultivos de *Arthrospira platensis* com a injeção controlada de CO₂ na cultura. O uso de resíduos industriais e domésticos, além de promover a diminuição do custo de produção da biomassa, promove uma destinação ambientalmente correta para estes rejeitos. Outra espécie, *Dunaliella salina*, que foi coletada por nosso grupo, vem apresentando resultados expressivos de produção de betacaroteno e ácido alfa-linolênico, sendo estes, precursor de vitamina A e ácido graxo essencial,

respectivamente; contudo, ainda há necessidade de melhorias do processo de cultivo para o aumento da produtividade, principalmente em carotenoides, e elaboração de um meio de cultivo de mais baixo custo. Igualmente importante para a viabilização da produção de compostos a partir da biomassa é o desenvolvimento de técnicas analíticas que imprimam praticidade ao acompanhamento da produção destes compostos ao longo do cultivo; neste contexto, a técnica de citometria de fluxo é altamente indicada, pois é uma técnica multiparamétrica, que fornece informações sobre tamanho, complexidade e constituição das populações de células (em lipídios neutros e polares, carotenoides), de forma rápida e utilizando-se volume de cultura da ordem de microlitros. Vale ressaltar que temos trabalhos sendo desenvolvidos no tema e inclusive com premiação. Cabe esclarecer que a citometria de fluxo não se aplica às microalgas filamentosas, dos gêneros *Arthrospira* e *Spirulina*, para as quais outras metodologias de extração e quantificação dos compostos de interesse serão avaliadas. Neste projeto, objetivamos, portanto, empregar microalgas de alta potencialidade para a produção de produtos de alto valor comercial, incluindo as citadas neste texto, e estudar as condições de cultivo para o aumento da produtividade em biomassa e nos bioprodutos, e com foco em uso de resíduos e meios de baixo custo, para diminuição do custo de produção da biomassa.

Objetivo Geral

Estudar a produção de biomassa e de compostos de alto valor comercial de microalgas, de forma a viabilizar a produção comercial no Brasil destes produtos.

Objetivo Específico 1: Determinar as condições de cultivo para a maximização da produtividade em biomassa de microalgas com alta potencialidade para a produção de produtos de alto valor comercial.

Objetivo Específico 2: Determinar as condições de cultivo das microalgas escolhidas que maximizem a produtividade nos produtos de alto valor comercial.

Objetivo Específico 3: Desenvolver e/ou otimizar técnicas analíticas que permitam a quantificação dos compostos de interesse de forma rápida e que gerem resultados com precisão adequada.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Doutorado	Microbiologia/Química	1, 2	D-B	60	1

Atividades de Execução

Para o desenvolvimento dos trabalhos deverão ser realizadas as seguintes atividades dispostas a seguir:

Atividade 1 – Cultivo p/ biomassa microalgal 1 (M1):

Cultivos para determinação da produtividade em biomassa microalgal em diferentes condições de densidade de fluxo fotônico, injeção de CO₂ nas culturas e diferentes composições do meio de cultivo.

Indicador: Um relatório contendo resultados que indiquem as condições mais favoráveis ao aumento da produtividade em biomassa.

Atividade 2 – Cultivo p/ produto microalgal 1:

Cultivos na(s) condição (ões) que promoveu(eram) maior produtividade em biomassa, para a determinação da produtividade nos compostos de interesse.

Indicador: Determinação da produtividade em ficocianina (para as cianobactérias) e carotenoides totais e ácidos graxos essenciais (para todas as microalgas) para a(s) condição(ões) de maior produtividade em biomassa para cada microalga

Atividade 3 – Análises para microalga 1:

Análises químicas e por citometria de fluxo para a quantificação dos compostos de interesse de forma a estabelecer as metodologias mais indicadas para cada microalga e cada composto.

Indicador: Relatório contendo dados referentes à correlação entre técnicas de uso corrente e a(s) técnica(s) proposta(s).

Atividade 4 – Extração para produtos oriundos da microalga 1:

Extração e determinação analítica dos compostos extraídos da biomassa.

Indicador: Extrações e análises.

Atividade 5 – Consolidação de metodologia para microalga 1:

Consolidação dos resultados e redação de relatório, resumo para conferências e eventos e artigo científico.

Indicador: Relatórios e e-mails de confirmação das submissões

Atividade 6 - Cultivo p/ biomassa microalgal 2 (M2):

Semelhante aos procedimentos da atividade 1, voltados para a microalga 2

Atividade 7 - Cultivo p/ produto microalgal 2:

Semelhante aos procedimentos da atividade 2, voltados para a microalga 2

Atividade 8 - Análises para produto de microalga 2:

Semelhante aos procedimentos da atividade 3, voltados para a microalga 2

Atividade 9 - Extração para produtos oriundos da microalga 2:

Semelhante aos procedimentos da atividade 4, voltados para a microalga 2

Atividade 10 - Consolidação de metodologia para microalga 2:

Semelhante aos procedimentos da atividade 5, voltados para a microalga 2

Atividade 11 - Cultivo p/ biomassa microalgal 3 (M3):

Semelhante aos procedimentos da atividade 1, voltados para a microalga 3

Atividade 12 - Cultivo p/ produto microalgal 3:

Semelhante aos procedimentos da atividade 2, voltados para a microalga 3

Atividade 13 - Análises para produto de microalga 3:

Semelhante aos procedimentos da atividade 3, voltados para a microalga 3

Atividade 14 - Extração para produtos oriundos da microalga 3:

Semelhante aos procedimentos da atividade 4, voltados para a microalga 3

Atividade 15 - Consolidação de metodologia para microalga 3:

Semelhante aos procedimentos da atividade 5, voltados para a microalga 3

Atividade 16 - Cultivo p/ biomassa microalgal (M4):

Semelhante aos procedimentos da atividade 1, voltados para a microalga 4

Atividade 17 - Cultivo p/ produto microalgal 4:

Semelhante aos procedimentos da atividade 2, voltados para a microalga 4

Atividade 18 - Análises para produto de microalga 4:

Semelhante aos procedimentos da atividade 3, voltados para a microalga 4

Atividade 19 - Extração para produtos oriundos da microalga 4:

Semelhante aos procedimentos da atividade 4, voltados para a microalga 4

Atividade 20 - Consolidação de metodologia para microalga 4:

Semelhante aos procedimentos da atividade 5, voltados para a microalga 4

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1-Cultivo p/ biomassa M1	1	Número de condições de cultivo	9				

2-Cultivo p/ produto M1	2	Número de Determinaçõe s realizadas	2				
3-Análises M1	3	Número de tabelas contendo resultados	18				
4-Extração M1	2 e 3	Número de extrações realizadas	5				
5-Consolidação	1, 2 e 3	Número de relatórios redigidos		1			
6-Cultivo p/ biomassa M2	1	Número de condições de cultivo		9			
7-Cultivo p/ produto M2	2	Número de Determinaçõe s realizadas		2			
8-Análises M2	3	Número de tabelas contendo resultados		18			
9-Extração M2	2 e 3	Número de extrações realizadas		5			
10-Consolidação	1, 2 e 3	Número de relatórios redigidos			1		
11-Cultivo p/ biomassa M3	1	Número de condições de cultivo				9	
12-Cultivo p/ produto M3	2	Número de Determinaçõe s realizadas				2	

13-Análises M3	3	Número de tabelas contendo resultados					18	
14-Extração M3	2 e 3	Número de extrações realizadas					5	
15-Consolidação	1, 2 e 3	Número de relatórios redigidos						1
16-Cultivo p/ biomassa M4	1	Número de condições de cultivo						9
17-Cultivo p/ produto M4	2	Número de Determinações realizadas						2
18-Análises M4	3	Número de tabelas contendo resultados						18
19-Extração M4	2 e 3	Número de extrações realizadas						5
20-Consolidação	1, 2 e 3	Número de relatórios redigidos						1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1-Cultivo p/ biomassa M1	x									
2-Cultivo p/ produto	x									
3-Análises		x								
4-Extração		x								

5 - Consolidação			x						
6-Cultivo p/ biomassa M1			x						
7-Cultivo p/ produto			x						
8-Análises				x					
9-Extração				x					
10 - Consolidação					x				
11-Cultivo p/ biomassa M1						x			
12-Cultivo p/ produto						x			
13-Análises							x		
14-Extração							x		
15 - Consolidação							x		
16-Cultivo p/ biomassa M1								x	
17-Cultivo p/ produto								x	
18-Análises									x
19-Extração									x
20 - Consolidação									x

Produtos

Produto 1 - Submissão de artigos a revista científica com Qualis A1 ou A2

Produto 2 - Submissão de artigos a revista científica com Qualis B

Produto 3 - Submissão de resumos em evento científico/Participação em eventos

Produto 4 - Submissão de artigo à revista com enfoque em metodologias de quantificação dos produtos de alto valor industrial.

Produto 5 - Patente para os meios de cultura produzidos

Produto 6 - Participação em bancas avaliadoras

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1,2	Número de comprovantes de submissão		1			1
Produto 2	1,2	Número de comprovantes de submissão	1	1		1	
Produto 3	1,2	Número de comprovantes de submissão	1	2	1	2	1
Produto 4	3	Número de comprovantes de submissão		1			1
Produto 5	1	Número do depósito do pedido de patente no INPI				1	
Produto 6	1, 2, 3	Número de atas de defesa		1	1	1	1

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Aumento nas parcerias nacionais	2	Nº de novas parcerias	1	1	1	1	1
Aumento nas parcerias internacionais	2	Nº de novas parcerias			1		1
Formação de pessoal em biotecnologia de microalgas	1, 2, 3	Nº de pessoas formadas*	1	3	1	2	2
Captação de novos projetos	1, 2, 3	Nº de propostas de projeto submetidas	1	1	1	1	1

* Projetos PIBIC/PIBITI (apresentados em evento institucional anual, ENICITI) e de mestrado ou doutorado defendidos, relacionados aos temas estudados neste projeto.

Projeto 9- Produção de biolubrificantes a partir de biomassas residuais.

Introdução

A busca extensiva por compostos com propriedades lubrificantes de base renovável vem crescendo à medida que os impactos ambientais causados pela utilização de produtos não renováveis sobre o mundo tomam proporções cada vez mais danosas e notáveis.

De fato, atualmente, observa-se um grande movimento em nível mundial para substituição de produtos provenientes da indústria petrolífera, como combustíveis e lubrificantes, por derivados de fontes renováveis, minimizando desta forma os impactos causados ao meio ambiente desde o processo de exploração até a obtenção do produto acabado, ou evitando a produção de resíduos não biodegradáveis (SOARES, 2013).

O Brasil é destaque mundial na produção de cana-de-açúcar, sendo o bagaço (biomassa residual lignocelulósica) um resíduo abundante e barato. Neste contexto, o uso de bagaço representa uma excelente opção ambiental de geração de energia, além da possível conversão a intermediários químicos e outros produtos de alto valor agregado.

Os lubrificantes líquidos podem ser de origem mineral, vegetal, animal ou sintética, sendo os mais comumente utilizados os óleos minerais obtidos a partir do refino do petróleo cru. Os biolubrificantes, termo que utilizaremos neste projeto para referenciar lubrificantes oriundos de fontes renováveis, são menos tóxicos aos seres humanos, causam menos impactos se descartados no meio ambiente e possuem grande potencial de substituição dos lubrificantes oriundos do processamento do petróleo (SOARES, 2013).

Biolubrificantes sintéticos podem ser obtidos através da esterificação de ácidos graxos livres derivados de óleos vegetais ou através da transesterificação direta desses óleos com álcoois superiores (tipicamente acima de 8 carbonos) (OH et al., 2013), de modo que a utilização de ésteres têm se apresentado como uma boa alternativa para este mercado.

Biomassas lignocelulósicas são compostas por três frações principais de polissacarídeos: celulose (33-50%), hemicelulose (20-35%) e lignina (5-30%), além de outros compostos em pequenas quantidades (1-10%) (DONATE, 2014).

Este projeto irá abordar possíveis rotas de aproveitamento da fração de pentoses (C5) das hemiceluloses, representada principalmente pela xilose (xyl), para produção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes. A escolha da fração C5 se deve a questões estratégicas, especialmente com o intuito de evitar a competição com a produção de combustíveis como o etanol de 2ª geração (2G) e incentivar a química verde através da economia de átomos (manutenção da estrutura da cadeia carbônica).

A obtenção de levulinatos a partir da xilose demanda uma série de reações sequenciais (HU et al., 2017), incluindo:

1. conversão da xilose em furfural, reportada frequentemente em meio ácido e fase líquida;
2. hidrogenação de furfural a álcool furfurílico, necessitando de um catalisador metálico e podendo ocorrer em fase líquida ou gasosa;
3. hidrólise do AFF a AL, nesse caso promovida em meio ácido;
4. esterificação do AL a levulinatos, que ocorre também em meio ácido.

O ácido levulínico (AL), ou ácido 4-oxopentanóico, é um ácido orgânico que pode ser obtido por uma sequência de reações envolvendo a hidrólise ácida de biomassas lignocelulósicas a monossacarídeos, seguido pela sua desidratação e finalmente hidrólise do composto furânico formado, o álcool furfurílico (SANTOS, 2010). O AL é um intermediário químico muito versátil, e foi considerado pelo Departamento de Energia Americano (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2004) como uma das principais moléculas plataforma derivadas de biomassa. Dentre suas aplicações, os levulinatos oriundos da esterificação com alcoóis superiores (8-14 carbonos) podem ser aplicados como óleo base para biolubrificantes.

O álcool furfurílico (FFA) é outro exemplo de pentose que pode ser obtida a partir da hidrogenação do furfural oriundo da fração C5 de biomassas lignocelulósicas. A literatura reporta que é possível ainda fazer a alcoólise deste álcool furânico a levulinatos, condensando as duas últimas etapas reacionais. Nesse caso, é preciso conduzir a reação em fase líquida na presença de um catalisador ácido. A conversão direta de xilose em levulinatos via reações sequenciais em um único reator (*one-pot cascade reactions*) deve ser ainda considerada, mas apenas recentemente foi reportada na literatura (HU et al., 2017).

Há uma série de dificuldades a serem vencidas para a conversão de xilose, FFA e/ou AL em ésteres lubrificantes, de modo que a catálise heterogênea vem fornecendo resultados promissores. Diferentes estudos utilizando óxidos ácidos, óxidos metálicos, suportes sulfurados, zeólitas, resinas, entre outros, vêm obtendo resultados positivos, porém ainda há bastante espaço para desenvolvimento e investigação de catalisadores mais ativos, seletivos e estáveis para essas reações (FERNANDES et al., 2012; MAHERIA; KOZINSKI; DALAI, 2013; NANDIWALE; BOKADE, 2016; NANDIWALE; YADAVA; BOKADE, 2014; TROMBETTONI et al., 2017).

Neste projeto objetivamos, portanto, empregar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as diferentes reações de formação de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes usando como material de partida moléculas representativas do aproveitamento de pentoses (xilose, FFA, AL) derivadas da fração de hemiceluloses de biomassas lignocelulósicas residuais.

Palavras chave: biomassa lignocelulósica, levulinatos de alquila, biolubrificantes

Objetivo Geral

Desenvolver catalisadores ativos, seletivos e estáveis para obtenção de ésteres levulinatos com propriedades biolubrificantes a partir de pentoses derivadas de biomassa lignocelulósica.

Objetivo Específico 1: Desenvolver catalisadores para obtenção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes a partir do ácido levulínico (AL).

Objetivo Específico 2: Desenvolver catalisadores para obtenção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes a partir do álcool furfurílico (FFA).

Objetivo Específico 3: Desenvolver catalisadores para obtenção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes a partir da xilose (XYL).

Objetivo Específico 4: Avaliar a capacidade de lubrificação de ésteres de alquila obtidos a partir das diferentes pentoses usadas como material de partida.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química ou Engenharia química / Graduação	Catálise heterogênea	1, 2, 3	D-D	60	02

Atividades de Execução

Para o desenvolvimento dos trabalhos deverão ser realizadas as seguintes atividades dispostas a seguir:

Atividade 1 – Preparo de catalisadores AL:

Preparar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as melhores condições reacionais para esterificação do AL, em etapa única. Durante esta etapa do projeto espera-se, além da definição, sintetizar os materiais.

Atividade 2 – Caracterização de catalisadores AL:

Caracterizar os catalisadores para as reações de formação de levulínatos de alquila a partir do ácido levulínico. Serão empregadas técnicas usuais de catálise como, mas não se limitando a determinação da área superficial, volume de poros, diâmetro médio dos poros e estrutura (DRX).

Atividade 3 – Testes catalíticos dos catalisadores AL:

Testar os catalisadores sólidos heterogêneos na reação de formação de levulínatos de alquila por esterificação com alcoóis de diferentes tamanhos de cadeia.

Atividade 4 – Preparo de catalisadores FFA:

Preparar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as melhores condições reacionais para alcoólise do FFA (em etapa única e/ou nas reações em cascata hidrólise/esterificação). Durante esta etapa do projeto espera-se, além da definição, sintetizar os materiais.

Atividade 5 – Caracterização dos catalisadores FFA:

Caracterizar os catalisadores sólidos heterogêneos nas reações de formação de levulínatos de alquila a partir do álcool furfurílico. Serão empregadas técnicas usuais de catálise como, mas não se limitando a, determinação da área superficial, volume de poros, diâmetro médio dos poros e estrutura (DRX).

Atividade 6 – Testes catalíticos dos catalisadores FFA:

Testar os diferentes catalisadores sólidos heterogêneos na reação de formação de levulínatos, reação de alcoólise do FFA (em etapa única e/ou nas reações em cascata hidrólise/esterificação), com alcoóis de diferentes tamanhos de cadeia.

Atividade 7 – Preparo de catalisadores XYL:

Preparar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as melhores condições reacionais para a reação *one pot* de produção de levulínatos de alquila a partir da xilose. Durante esta etapa do projeto espera-se, além da definição, sintetizar os materiais.

Atividade 8 – Caracterização dos catalisadores XYL:

Caracterizar os catalisadores sólidos heterogêneos preparados para a reação *one pot* de produção de levulinatos de alquila a partir da xilose. Serão empregadas técnicas usuais de catálise como, mas não se limitando a, determinação da área superficial, volume de poros, diâmetro médio dos poros e estrutura (DRX).

Atividade 9 – Testes catalíticos dos catalisadores XYL:

Testar os diferentes catalisadores sólidos heterogêneos na reação *one pot* de produção de levulinatos de alquila a partir da xilose.

Atividade 10 – Testes de capacidade lubrificante:

Testar a capacidade de lubrificação (lubricidade) dos ésteres alquílicos obtidos nas atividades 3, 6 e 9.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
A1-Preparo de catalisadores AL	1	Nº de catalisadores	4	-	-	-	-
A2- Caracterização dos catalisadores AL	1	Nº de catalisadores	4	-	-	-	-
A3- Testes dos catalisadores AL	1	Nº de catalisadores	2	2	-	-	-
A4 - Preparo de catalisadores FFA	2	Nº de catalisadores	-	4	-	-	-
A5- Caracterização dos catalisadores FFA	2	Nº de catalisadores	-	-	4	-	-
A6- Testes dos catalisadores FFA	2	Nº reações testadas	-	-	2	2	-

A7 - Preparo de catalisadores XYL	3	Nº de catalisadores	-	-	-	2	-
A8 – Caracterização dos catalisadores XYL	3	Nº de catalisadores	-	-	-	2	
A9 – Testes dos catalisadores XYL	3	Nº de catalisadores	-	-	-	-	2
A10 – Testes de capacidade lubrificante	1, 2, 3	Nº de catalisadores	-	4	-	4	2

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1 Preparo de catalisadores AL	x									
2 Caracterização de catalisadores AL		x								
3 Testes de catalisadores AL		x	x							
4 Preparo de catalisadores FFA				x						
5 Caracterização de catalisadores FFA					x					
6 Testes de catalisadores FFA					x	x				
7 Preparo de catalisadores XYL							x			

8 Caracterização de catalisadores XYL								x		
9 Testes de catalisadores XYL									x	x
10 Testes da capacidade de lubrificação dos produtos			x				x			x

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Produto 1	1 – 4	Nº de trabalhos aprovados em congressos/ eventos científicos	1	1	1	1	1
Produto 2	1 – 4	Nº de submissões de artigos científicos	-	-	1	1	1

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Desenvolvimento catalisadores ativos, seletivos e estáveis para conversão de pentoses derivadas de biomassa lignocelulósica em ésteres levulinatos com propriedades lubrificantes	1 – 4	Nº de catalisadores desenvolvidos	4	-	4	-	2
Consolidação da capacitação técnico-científica em aproveitamento de biomassas lignocelulósicas residuais	1 - 4	Nº de publicações totais	1	1	1	1	1

As atividades de pesquisa deste projeto serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) sob a supervisão dos pesquisadores Camila Calicchio Lopes e Marco André Fraga.

Projeto 10- Análise das emissões de HC, CO, CO₂, NO_x e MP de Motores Diesel em condições reais em trânsito urbano comparativamente com as medições em laboratório

Introdução

Encontrar alternativas para aumentar a economia dos motores de veículos e atender aos padrões, cada vez mais severos, de emissões, se tornou uma importante missão para os pesquisadores a indústria. Os motores diesel têm uma grande vantagem com relação à economia de combustível, baixa emissão de hidrocarbonetos e monóxido de carbono (CO) [1]. Entretanto, motores diesel, como se sabe, emitem uma elevada quantidade de material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Os métodos para redução de MP e NO_x incluem alta pressão de injeção, turbocompressão,

tratamento após a exaustão, entre outros. Os compostos oxigenados estão sendo utilizados e estudados como aditivos para o óleo diesel e tem se mostrado um caminho a ser seguido [2]. O uso de combustíveis oxigenados em substituição ao óleo diesel convencional com a justificativa de reduzir as emissões tem sido estudada nos últimos anos. Observou-se que aditivos oxigenados tem a capacidade de reduzir as emissões de material particulado sem prejudicar as emissões de óxidos de nitrogênio - NO_x, hidrocarbonetos incompletamente queimados – HC e monóxido de carbono - CO. Uma grande variedade de oxigenados na forma de éteres, ésteres, alcoóis, entre outros, tem sido adicionada ao óleo diesel, como o biodiesel. Esses aditivos influenciam tanto a concentração de oxigênio quanto impactam o número de cetano no combustível. As pesquisas realizadas até o momento concluíram que o aumento da concentração de oxigênio diminui a emissão de material particulado, especialmente em alta carga. devido ao aumento do nível de oxigênio na região rica da câmara de combustão favorecendo a oxidação de percussores de MP [3].

As indústrias brasileiras vêm buscando alternativas para se adequar às novas etapas da legislação de controle de emissão de gases de escape. As discussões sobre o tema englobam o desenvolvimento de novas tecnologias para os motores e a necessidade de produção de combustíveis adequados, o que inclui, por exemplo, menor teor de enxofre na sua composição, misturas com biocombustível e aditivação apropriada.

O desenvolvimento de combustíveis incluindo os biocombustíveis visa proporcionar aos motores redução de consumo, aumento de desempenho (torque, potência, pressão média efetiva, eficiência de conversão do combustível, redução de desgaste, etc.) e, com maior evidência atual, redução das emissões de gases poluentes na exaustão.

Uma alternativa para diminuir o nível de poluentes é reduzir o teor de enxofre encontrado na composição do diesel e da gasolina, já que o enxofre é uma das principais substâncias que contribuem para a formação de material particulado emitido pelos veículos diesel e para a redução da eficiência dos catalisadores dos veículos. Outra alternativa é o desenvolvimento de combustíveis alternativos, como os biocombustíveis e suas misturas, além de aditivações específicas para a melhoria no atraso de ignição e consequentemente na combustão como um todo [4].

Para comprovação da efetiva redução das emissões de poluentes, ensaios padronizados são conduzidos em laboratório, em situação de extremo controle, como temperatura e umidade controladas. Mas atualmente, foi identificado que esses ensaios não são suficientes, e precisam ser complementados com ensaios em condições reais de utilização.

Palavras-chave: motores de combustão interna, emissões veiculares, diesel, RDE

Objetivo Geral

Estudar a influência de compostos oxigenados e outros aditivos adicionados ao óleo diesel com o intuito de melhorar a qualidade das emissões de HC, CO, CO₂, NO_x e MP na exaustão de motores diesel utilizando laboratório específico e equipamento móvel de medição de emissões gasosas e particulado em testes de campo. Espera-se

demonstrar o efeito do aditivo no consumo específico e nas emissões de HC, CO, CO₂, NO_x e MP.

Objetivo Específico 1: Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e emissões).

Objetivo Específico 2: Avaliar em teste de campo as influências, em situações reais de trânsito, das emissões gasosas e de material particulado do combustível óleo diesel com a adição de aditivos oxigenados e outros.

Objetivo Específico 3: Verificação em quais condições reais de trânsito a emissão de gases poluentes e material particulado tem maior impacto no meio ambiente.

Objetivo Específico 4: Análise de testes em laboratório com adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão e comparação com os resultados das emissões obtidas em teste de campo.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Engenharia Mecânica/ Graduado	Motores de combustão interna	1,2,3 e 4	DD	60	1
Engenharia Eletrônica/ Graduado	Instrumentação científica	2,3 e 4	DD	60	1

Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Efetuar Revisão Bibliográfica (estado da	1	relatório	2				

arte e normas pertinentes)		técnico					
Treinamento e análise teórica do equipamento para medição das emissões gasosas e de MP existente.	2,3	relatório técnico	2				
Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e emissões).	1	relatório técnico	2				
Seleção de motor e veículo de teste	2,3	relatório técnico	1				
Refinar a revisão bibliográfica a partir da análise teórica	1	relatório técnico	2				
Adequação das configurações eletrônicas do equipamento para medição das emissões gasosas e de MP com os veículos selecionados.	1	relatório técnico	2				
Comissionamento dos equipamentos de Medição das Emissões Gasosas de Poluentes	4	relatório técnico	2				
Comissionamento dos equipamentos de Medição das Emissões de material particulado MP	4	relatório técnico		2			
Realização de testes avaliando a adição do primeiro composto oxigenados e outros no óleo diesel com registro online do consumo de combustível e das emissões de poluentes gasosos e MP	3	relatório técnico			2		
Realização de testes avaliando a adição do segundo composto oxigenados e outros no óleo diesel com registro online do consumo de combustível e das emissões de poluentes gasosos e MP	3	relatório técnico				2	
Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e	1	relatório técnico				2	

emissões).									
Avaliação das condições reais de trânsito que apresentem maiores impactos no meio ambiente	3	relatório técnico							2
Efetuar comparação dos resultados obtidos nos testes de campo com os de laboratório	4	relatório técnico							2
Elaboração de Relatórios Parciais e Final	1,2,3 e 4	relatório técnico	2	2	2	2	2	2	2
Redigir artigos para submissão em revistas científicas	2,3 e 4	Artigo Técnico		1	1	1	1	1	1
Redigir artigos para submissão em eventos	2,3 e 4	Artigo Técnico		2	2	2	2	2	2

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Efetuar Revisão Bibliográfica (estado da arte e normas pertinentes)	X									
Treinamento e análise teórica do equipamento para medição das emissões gasosas e de MP existente.	X									
Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e emissões).	X									
Seleção de motor e veículo de teste	X									
Refinar a revisão bibliográfica a partir da análise teórica		X								
Adequação das configurações eletrônicas do equipamento para medição das emissões gasosas e de MP com os veículos selecionados.		X								
Comissionamento dos equipamentos de Medição das Emissões Gasosas de Poluentes		X								

Comissionamento dos equipamentos de Medição das Emissões de material particulado MP			X						
Realização de testes avaliando a adição do primeiro composto oxigenados e outros no óleo diesel com registro online do consumo de combustível e das emissões de poluentes gasosos e MP				X	X				
Realização de testes avaliando a adição do segundo composto oxigenados e outros no óleo diesel com registro online do consumo de combustível e das emissões de poluentes gasosos e MP						X	X		
Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e emissões).							X	X	
Avaliação das condições reais de trânsito que apresentem maiores impactos no meio ambiente								X	X
Efetuar comparação dos resultados obtidos nos testes de campo com os de laboratório									X X
Elaboração de Relatórios Parciais e Final		X		X		X		X	X
Redigir artigos para submissão em revistas científicas				X		X		X	X
Redigir artigos para submissão em eventos				X		X		X	X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Artigo redigido e submetido a revista científica	2, 3 e 4	Comprovação da publicação do artigo		1	1	1	1
Artigo submetido para evento científico/Participação em congresso	2, 3 e 4	Comprovação da publicação do artigo no evento		2	2	2	2

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Formação de pessoal em metodologias de medição de emissões de poluentes gasosos e de MP em Laboratório e em testes de campo	2, 3 e 4	Projetos apresentados em eventos relacionados aos temas estudados neste projeto		2	2	2	2
Disseminação do conhecimento acumulado em revistas científicas	2, 3 e 4	No. publicações			1	1	1
Disseminação do conhecimento acumulado em eventos científicos	2, 3 e 4	No. publicações		2	2	2	2
Estabelecimento de parcerias com grupos de pesquisa	4	No. parcerias estabelecidas				1	1
Estabelecimento de parceria com empresas e/ou órgãos de meio ambiente	4	No. parcerias estabelecidas					1

Equipe: Valéria Pimentel, Luiz Simões, Alexandre Benevento, Decio Maia, Diogo Rapparini

Referências bibliográficas

[1] Miranda, G. R.; Lisboa, H. M., Bazzo, E.; Hartmann, E. M., Maia, G. - Avaliação da Emissão de CO, NO E NOx na Exaustão de Motor Diesel Abastecido com Combustível Aditivado- TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 05-10, jan./jun. 2011.

[2] Yanfeng, G.; Shenghua, L.; Hejun, G.; Tiegang, H.; Longbao, Z. Applied Thermal Engineering, Vol. 27, p. 202, 2007.

- [3] Pimentel, V.S.B - Análise e Diagnóstico de Diesel Geradores operando com óleo de dendê "in natura" - Tese de doutorado - COPPE/UFRJ- 2002
- [4] Ying, W.; Longbao, Z.; Zhongji, Y.; Hongyi, D. Journal of Automobile Engineering, Vol. 219, p.263, 2005.

Projeto 11- Utilização de técnicas avançadas de manufatura e de caracterização para desenvolvimento de DMIs

Introdução

Entende-se por Dispositivos Médicos Implantáveis (DMIs) qualquer produto médico projetado para ser totalmente introduzido no corpo humano ou para substituir uma superfície epitelial ou ocular, por meio de intervenção cirúrgica, e destinado a permanecer no local após a intervenção. Também é considerado DMI, qualquer produto médico destinado a ser parcialmente introduzido no corpo humano através de intervenção cirúrgica e permanecer após esta intervenção por longo prazo. Os DMIs são utilizados por uma vasta parcela da sociedade, porém, a população idosa merece maior atenção nesse aspecto. A população brasileira de pessoas acima de 60 anos chegou a 13% e, 2018 havendo uma expectativa que esse índice atinja 32% até 2060. Dados indicam que o principal motivo da utilização de DMIs pela população idosa é a deterioração da qualidade óssea. A revolução da impressão 3D na saúde baseia-se no conceito da medicina personalizada. Esta tecnologia é aderente aos segmentos industriais que produzem baixo volume de unidades e que necessitam de produtos individualizados/customizados de alta qualidade e complexidade. Desta forma, é possível que o processo de manufatura avançada possa substituir os métodos tradicionais de fabricação como a usinagem e a fundição na produção de DMIs utilizando como matéria-prima materiais biocompatíveis.

O presente projeto tem como finalidade o estudo da fabricação de DMIs com materiais metálicos biocompatíveis, levando em consideração o processo de manufatura e a composição química dos materiais utilizados na produção desses dispositivos. Além disso, este projeto abordará aspectos relacionados à degradação da qualidade óssea causada pelo processo de desmineralização óssea (osteoporose), fator que impacta o número de DMIs utilizadas pela sociedade e que pode afetar o projeto de novas próteses. Nesse sentido, serão utilizadas técnicas avançadas de caracterização de materiais (qBEI, MEV, MET, EBSD, DRX, microCT, etc), processamento digital de imagens, ensaios mecânicos, simulação numérica por elementos finitos. Em relação especificamente ao processo de fabricação de DMIs, este projeto irá abordar os seguintes aspectos do processo de manufatura avançada: Validação do processo; Caracterização e controle da matéria-prima; Etapas de processamento e pós processamento; Avaliação física, química e mecânica.

Este projeto é aderente às pesquisas atualmente desenvolvidas na Divisão de Ensaio em Materiais e Produtos (DIEMP) no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) relacionadas à área de saúde, mais especificamente aos temas de envelhecimento humano e desenvolvimento de próteses/órtises.

Objetivo Geral

O presente projeto tem como finalidade entender as eventuais diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas com materiais biocompatíveis por manufatura tradicional e avançada. As propriedades mecânicas das DMIs serão relacionadas com as de tecidos ósseos desmineralizados com o intuito de aprimorar o projeto de novas próteses.

Objetivo Específico 1: Determinar a resistência à fratura e o módulo elástico do tecido ósseo antes e após o processo de desmineralização óssea com diferentes taxas de carregamento;

Objetivo Específico 2: Avaliar as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais e a resistência à corrosão de DMIs fabricadas com materiais metálicos biocompatíveis por manufatura tradicional;

Objetivo Específico 3: Comparar a resistência mecânica e rigidez angular em órteses fabricadas pela técnica tradicional (termomoldagem em polipropileno - PP) e por manufatura avançada (Sinterização seletiva a laser - SLS em poliamida - PA);

Objetivo Específico 4: Avaliar as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas com materiais metálicos biocompatíveis por manufatura avançada, caracterizando a matéria-prima, validando o processo como um todo.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia de Materiais ou química ou mecânica ou física/ Doutorado *	Metalurgia física	1, 4	DA	60	1

Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Caracterização de Propriedades Mécnicas e Microestruturais (LACPM) da Divisão de Ensaios em Materiais e Produtos (DIEMP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), sob a supervisão dos pesquisadores Cássio Barbosa, Cláudio Teodoro dos Santos e Maurício de Jesus Monteiro.

Atividade 1- Preparação do material ósseo, limpeza, corte.

Atividade 2- Usinagem do corpo de prova de tração de material ósseo.

Atividade 3- Avaliação da distribuição mineral e a morfologia óssea utilizando, respectivamente, Microscopia Eletrônica de Varredura por Elétrons Retroespalhados Quantitativos (qBei) e microtomografia computadorizada, análise histomorfométrica das imagens obtidas no microCT usando CTan.

Atividade 4- Simulação numérica usando FEA de distribuição de tensões nos CP e ensaios de tração de material ósseo.

Atividade 5- Estudo da incerteza da medição e análise dos resultados de tração em material ósseo.

Atividade 6 - Preparação metalográfica de amostras de DMIs.

Atividade 7- Ensaio mecânicos em DMIs.

Atividade 8- Ensaio de corrosão em DMIs.

Atividade 9- Caracterização química e por microscopias óptica e eletrônicas de amostras de DMIs.

Atividade 10- Realização de cálculos termodinâmicos utilizando programa específico simulando possíveis materiais metálicos para DMIs.

Atividade 11- Fabricação de órteses pela técnica tradicional e MA.

Atividade 12 - Testes Mecânicos e Simulação numérica de órteses.

Atividade 13- Desenvolvimento e fabricação de órteses com design otimizado.

Atividade 14- Caracterização da matéria-prima (pó metálico) por análises térmicas, Microscopias óptica e eletrônicas, análise química, EDS, BET, densidade real, e distribuição de tamanho de partícula.

Atividade 15- Impressão de corpos de prova segundo orientações e direções descritas em normas e literatura técnicas.

Atividade 16- Caracterização dimensional dos corpos de provas. Realização de ensaios mecânicos (tração, fadiga, dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X, difração de elétrons retroespalhados (EBSD) e densidade aparente dos corpos de prova impressos.

Atividade 17- Realização dos tratamentos térmicos nos corpos de prova impressos nas condições ótimas de impressão definidas na etapa 16. Caracterização dimensional dos corpos de provas. Realização de ensaios mecânicos (tração, fadiga, dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X, difração de elétrons retroespalhados (EBSD) e densidade aparente dos corpos de prova tratados termicamente.

Atividade 18- Impressão e tratamento térmico de DMIs com os parâmetros ótimos definidos na atividade 17. Caracterização dimensional, realização de ensaios mecânicos (fadiga e dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X e difração de elétrons retroespalhados (EBSD) das DMIs.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1	1	Número de amostras preparadas	100				
2	1	Número de cps usinados	100				
3	1	Relatório emitido		1			
4	1	Número de cps ensaiados			100		
5	1	Relatório Emitido			1		

6	2	Número de amostras preparadas	120				
7	2	Relatório Emitido		1			
8	2	Números de cps ensaiados			60		
9	2	Relatório emitido				1	
10	2	Relatório emitido					1
11	3	Número de órteses fabricadas	6				
12	3	Relatório emitido		1			
13	3	Relatório Emitido			1		
14	4	Relatório emitido	1				
15	4	Número de cps impressos		80			
16	4	Relatório Emitido			1		
17	4	Relatório Emitido				1	
18	4	Relatório Emitido					1

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	X									
2		X								
3			X	X						
4					X					
5					X					
6	X	X								
7			X	X						

8					X	X				
9							X	X		
10									X	X
11	X									
12		X	X	X						
13				X	X					
14	X	X								
15			X	X						
16					X	X				
17							X	X		
18									X	X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Conhecimento sobre a influência da desmineralização nas propriedades mecânicas do tecido ósseo	1	Número de artigos científicos submetidos		1	1		
Conhecimento sobre a variação da distribuição de Cálcio e da morfologia do tecido ósseo em relação ao seu grau de desmineralização	1	Número de artigos científicos submetidos		1	1		

Conhecimento sobre as propriedades mecânicas, química, microestruturais e metalúrgica e resistência à corrosão de DMIs	2	Número de artigos científicos submetidos			1	1	
Conhecimento sobre a diferença entre a resistência mecânica e rigidez angular de órteses fabricadas por termomoldagem e por sinterização seletiva a laser	3	Número de artigos científicos submetidos		1			
Conhecimento sobre a otimização e customização de órteses fabricadas por sinterização seletiva a laser	3	Número de artigos científicos submetidos			1		
Conhecimento sobre as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura avançada	4	Número de artigos científicos submetidos			1	1	1

Conhecimento sobre as diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura e de tecidos ósseos desmineralizados	1, 2, 4	Número de artigos científicos submetidos			1	1	1
--	---------	--	--	--	---	---	---

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Colaborações com outras instituições	1,2,3,4	Número de artigos publicados com autores de outras instituições		1	1	1	1
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de bolsistas de iniciação científica ou tecnológica treinados	3	3	3	3	3
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de coorientação em trabalho de conclusão de curso	4	2	2	2	2
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de estagiários treinados	2	1	1	1	1

Conjunto de dados referentes à resistência à fratura e o módulo elástico do tecido ósseo relacionados com o processo de desmineralização	1	Relatório emitido			1	
Conjunto de dados sobre as propriedades mecânicas, química, microestruturais e metalúrgica e resistência à corrosão de DMIs	2	Relatório emitido				1
Conjunto de dados sobre a diferença entre a resistência mecânica e rigidez angular de órteses fabricadas por termomoldagem e por sinterização seletiva a laser	3	Relatório emitido			1	

Conjunto de dados sobre as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura avançada	4	Relatório emitido					1
Conjunto de dados sobre as diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura e de tecidos ósseos desmineralizados	1,2,3,4	Relatório emitido					1

Projeto 12- Estudo de revestimentos metálicos aplicados por aspersão térmica para proteção catódica interna de juntas soldadas e linhas revestidas internamente

Introdução

Dutos que transportam fluidos, por exemplo, água de produção e água do mar, apresentam processos de corrosão interna em especial nas regiões das juntas soldadas onde não há pintura/revestimento. Revestimentos metálicos, capazes de proteger catodicamente estas regiões, podem representar a garantia da integridade de dutos de transporte, sem inviabilizar a passagem de *pigs*.

Existem diversas técnicas de aplicação da metalização sobre a superfície de ligas a fim de promover o recobrimento, protegendo-as de intempéries como, por exemplo, a corrosão, dentre elas:

- Aspersão por chama ou arco elétrico;
- *Melt-spinning*;
- Eletrodeposição;
- *Shoot-spinning*;
- *Physical vapour deposition*;
- Anodização.

Cada técnica deve ser previamente avaliada e escolhida para alcançar a característica física de interesse, tais como, barreira física, revestimento anticorrosivo, anodo de sacrifício, etc. Se tratando da aplicação de revestimento metálico com o objetivo de proteger catodicamente uma superfície de junta soldada exposta.

Em dutos que são revestidos internamente, a corrosão ocorre principalmente nas suas extremidades que não são revestidos para aplicação da solda. Essa região é denominada *cutback* ou “colarinho”. Segundo a literatura, existem diversas técnicas de proteger o *cutback* contra a corrosão, porém altos custos e restrições físicas devido à passagem de *pig* inviabilizam seus usos [2].

Em estudos prévios verificou-se que para cada liga metalizada existe uma distância ideal de *cutback* na aplicação da metalização, uma vez que a zona termicamente afetada da solda implica no desgaste dos revestimentos metalizados e, conseqüentemente, no seu mau funcionamento como anodo galvânico [2]. Nesse caso recomenda-se um *cutback* para o Al e Zn de 5 mm e 20 mm respectivamente.

Na literatura é observado que a liga metalizada de Al trabalha muito bem como anodo em soluções que contenham Cl⁻. Já a liga metalizada de Zn, de um modo geral, apresenta um nível de proteção catódica um pouco melhor que a liga de Al, principalmente contra corrosão atmosférica [3]. Tanto a liga Al quanto a de Zn são muito usados em meios salinos como anodos galvânicos, obtendo uma corrente catódica eficiente para proteger uma determinada estrutura. Segundo o IPT, essas ligas metalizadas em placas de aço carbono mostraram um bom desempenho como anodo de

sacrifício em água do mar sintética e água de formação, principalmente, a liga de Al que obteve o mesmo desempenho em ambas as soluções [4].

Normalmente para atuação dessas ligas como anodo recomenda-se adição de elementos de liga para evitar sua passivação durante o tempo de vida útil. Existem diversos estudos que utilizam elementos de ligas em Al, Zn metalizados visando ambas as atuações: barreira física e anodo de sacrifício [7-11].

Diante desse fato há importância na caracterização do revestimento metalizado em estudo. No campo de aplicação da metalização por aspersão térmica tem sido utilizado o MEV na avaliação da morfologia, principalmente quanto à porosidade do revestimento formado. Existem parâmetros de aplicação da aspersão, tais como: tipo de gás de processo, distância do bico da pistola para o local de aplicação e diâmetro do arame, que influenciam nas características finais do revestimento [12-13].

Não só a imagem de microscopia, mas também análises como: curvas de polarização, monitoramento de OCP, testes de aderência também são fundamentais na avaliação da aplicação dos revestimentos metalizados[7].

O estudo em escala real oferece a oportunidade de definir e avaliar métodos anticorrosivos mais representativos e condizentes com as operações de campo, como por exemplo, o impacto da passagem de PIGs e a utilização de anodos metalizados na proteção da junta soldada de tubulações.

Desta forma, o escopo desse projeto é a avaliação da proteção catódica interna de juntas soldadas, a partir de ensaios em escala real utilizando tubos de grandes dimensões usados em campo e estudo de técnicas de proteção da corrosão interna de dutos em escala real utilizando revestimentos de ligas metálicas que atuarão como anodo metalizado para proteção catódica de juntas soldadas em dutos de transporte de meios corrosivos.

Palavras Chaves: corrosão; proteção catódica; pipeline; eletroquímica

Objetivo Geral

Avaliação da utilização de revestimentos de ligas metálicas para proteção catódica de juntas soldadas em dutos de transporte de meios corrosivos. Estes revestimentos atuarão como ânodos metalizados e serão depositados por aspersão térmica na região a montante e a jusante da junta soldada. Será montado um sistema de dutos em escala real que permitirá definir e avaliar métodos anticorrosivos mais representativos e condizentes com as operações de campo.

Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Estudo do tempo de vida útil e homogeneidade do desgaste do revestimento metálico depositado.

Objetivo Específico 2: Estudo do desempenho de revestimentos metálicos em meios corrosivos

Objetivo Específico 3: Estudo do efeito da espessura e da largura da região metálica depositada, relacionando o nível de proteção e o tempo de desgaste;

Objetivo Específico 4: Estudo do efeito da passagem de pig na integridade dos anodos metalizados;

Objetivo Específico 5: Obtenção de dados representativos, em escala real, do uso de revestimentos metálicos para proteção catódica de juntas soldadas.

Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química ou Engenharia Metalúrgica e de Materiais / Graduação	Corrosão; Eletroquímica; Técnicas Analíticas	1-4	DD	60	1
Engenharia Civil ou Engenharia Química ou Engenharia Metalúrgica e de Materiais / Mestrado	Corrosão; Eletroquímica; Ensaio Dinâmicos Uniaxiais	1-5	DC	60	1

Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
				2019	2020	2021	2022	2023
1	Revisão Bibliográfica	1	Relatório Técnico	1				
2	Definição do revestimento metálico	1	Relatório Técnico	1				
3	Preparação dos tubos	1-5	Entrega do projeto de ensaio		1			
4	Ensaio Preliminares de Laboratório	1-2	Relatório Técnico	1	1			
5	Montagem dos Ensaio em Escala Real	3-5	Entrega do projeto de ensaio			1		
6	Execução e Monitoramento e Controle dos Ensaio em Escala Real	3-5	Relatório Técnico			1	1	1
7	Avaliação em Laboratório das Amostras Retiradas dos Tubos testados em Escala Real	3-5	Relatório Técnico				1	1

Cronograma de Atividades

Atividades		Semestre											
		2019		2020		2021		2022		2023			
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	Estado da arte	X											
2	Planejamento de ensaios		X										
3	Preparação dos tubos e corpos de prova			X									
4	Determinação dos parâmetros (antes do ensaio)		X										

	Ajuste dos parâmetros (antes do ensaio)			X							
5	Montagem do sistema de ensaio escala real				X						
	Testes no sistema de ensaio escala real					X					
	Instalação dos cupons de corrosão e instrumentação						X				
6	Comissionamento dos ensaios em escala real						X				
	Monitoramento dos parâmetros de teste						X				
	Inspeção por ultrassom						X		X		
	Passagem de pig							X		X	
	Preparação de corpos de prova ensaiados 1						X				
	Troca de tubos 1								X		
	Troca de tubos 2									X	
	Preparação de corpos de prova ensaiados 2							X			
7	Preparação de corpos de prova ensaiados 3								X		
	Avaliação de cupons de corrosão ensaiados 1								X		
	Avaliação de cupons de corrosão ensaiados 2									X	
	Avaliação de cupons de corrosão ensaiados 3										X
	Determinação de parâmetros (após ensaio 1)								X		
Determinação de parâmetros (após ensaio 2)										X	

Determinação de parâmetros (após ensaio 3)										X
Avaliação Resultados – Ensaio 1								X		
Avaliação Resultados – Ensaio 2									X	
Avaliação Resultados – Ensaio 3										X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Conhecimento produzido	1-4	Artigo científico - Participação em Congresso/publicação			1		1
Processo	5	Artigo científico - Participação em Congresso/publicação					1

Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Compreensão do desempenho de diferentes ligas atuando como anodos metalizados em meios com corrosividades variadas	1-5	Relatório Técnico	1	1			
		Artigo científico - Participação em Congresso/publicação			1		
Avaliação da	4-5	Relatório Técnico			1	1	1

influência da passagem de pigs na integridade de juntas soldadas metalizadas		Artigo científico - Participação em Congresso/publicação					1
Obtenção de resultados representativos em escala real para proteção catódica interna de juntas soldadas utilizando anodos metalizados	4-5	Relatório Técnico				1	1
		Artigo científico - Participação em Congresso/publicação					1

Referências Bibliográficas

- [1] Norma Petrobras N-2568-Rev. b, *Revestimentos Metálicos por Aspersão Térmica*, 2011.
- [2] João P. K. Gervásio, Erik B. Nunes, Harold R. Leon, *Use of Metal Coatings by Thermal Spraying as Sacrificial Anodes for Protecting the Inner Surface of Welded Joints*, Rio Pipeline Conference & Exposition, 2013.
- [3] Z. Panossian, L. Mariaca, M. Morcillo, S. Flores, J. Rocha, J.J. Penã, F. Ferrera, F. Corvo, M. Sanchez, O.T. Rincon, G. Pridybailo, J. Simancas, *Steel Cathodic Protection Afforded by Zinc, Aluminium and Zinc/Aluminium Alloy Coatings in the Atmosphere*, Surface & Coatings Technology 190 244–248, 2005.
- [4] Relatório IPT, *Estudo da Eficiência de Revestimentos de Alumínio e de Zinco, por Aspersão Térmica, como Anodos de Proteção Catódica de Superfície Interna de Juntas Soldadas*, 2013.
- [5] Norma ABNT NBR 10387, *Anodos de Liga de Alumínio para Proteção Catódica*, 2016.
- [6] Norma ABNT NBR 9358, *Anodos de Liga de Zinco para Proteção Catódica*, 2016.
- [7] A. Perez, A. Billard, C. Rébéré, C. Berziou, S. Touzain, J. Creus, *Influence of metallurgical states on the corrosion behaviour of Al–Zn PVD coatings in saline solution*, Corrosion Science 74 240–249, 2013.
- [8] K. Bobzin, M. Oete, T. F. Linke and C. Schulz, *Corrosion of wire arc sprayed ZnMgAl*, Materials and Corrosion 66, No. 6, 2015.

- [9] H. Q. Yang, Z. J. Yao, D. B. Wei, W. B. Zhou, G. X. Yin, L. X. Feng, *Anticorrosion of thermal sprayed Al–Zn–Si coating in simulated marine environments*, Surface Engineering, Vol 30, N° 11, 2014.
- [10] Qiong JIANG, Qiang MIAO, Fei TONG, Yi XU, Bei-lei REN, Zhi-mei LIU, Zheng-jun YAO, *Electrochemical corrosion behavior of arc sprayed Al–Zn–Si–RE coatings on mild steel in 3.5% NaCl solution*, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 24, 2713–2722, 2014.
- [11] Seiji Sugimura, Jinsun Liao, *Long-term corrosion protection of arc spray Zn-Al-Si coating system in dilute chloride solutions and sulfate solutions*, Surface & Coatings Technology 302, 398–409, 2016.
- [12] R. M. H. P. RODRIGUEZ, *Formação de Óxidos nos revestimentos de alumínio Depositados por Aspersão Térmica*, Tese de Doutorado, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia, na Área de Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2003.
- [13] R. S. C. PAREDES, *Estudos de Revestimentos de Alumínio Depositados por Três Processos de Aspersão Térmica para a Proteção do Aço Contra a Corrosão Marinha*, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- [14] Norma ISO 15589-1. *Petroleum and Natural Gas Industries – Cathodic Protection of Transportations Systems*, 2003.
- [15] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.

Projeto 13- Pesquisa e desenvolvimento de soluções de Tecnologia Assistiva

Introdução

Um dos maiores desafios para sociedades de países ainda em desenvolvimento como o Brasil é a promoção da inclusão social. Neste cenário, se destaca a inclusão de pessoas com deficiência - PcD, pelo tamanho desse grupo e os desafios que enfrenta.

Os números de pessoas com algum grau de deficiência no Brasil podem chegar a 45 milhões de pessoas, ou 23,9% da população (IBGE, 2010, 2013), número que ainda tende a crescer, com o processo de envelhecimento da população. Este cenário representa o desafio desenvolver tecnologias capazes de promover a inclusão, potencializar as capacidades e minimizar as limitações dessas populações.

Desenvolver equipamentos para a inclusão de PcD é, portanto, um tema fundamental de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

O presente projeto está inserido na Linha de Pesquisa Tecnologia Assistiva¹ que vem sendo trabalhada na Divisão de Desenho Industrial do INT desde a década de 1980. O INT foi um dos pioneiros nesta linha de atuação, sendo por isso escolhido como um dos Núcleos de Tecnologia Assistiva fomentados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia dentro do Programa Viver Sem Limites, em 2012.

No âmbito desta Linha de Pesquisa vêm sendo desenvolvidos equipamentos e recursos inovadores, como cadeiras de rodas, andadores, próteses, equipamentos para cegos, surdos, pessoas com paralisia cerebral etc. Recentemente estes produtos desenvolvidos no INT receberam prêmios nacionais e internacionais como o IDEA Brasil 2014, Objeto Brasil 2016, A' Design Award, bem como a publicação de 12 artigos, duas patentes PI, uma patente MU e dois registros DI junto ao INPI.

Palavras chave: Tecnologia assistiva, design, equipamento médico hospitalar, design para sustentabilidade.

Objetivos

Contribuir para a reabilitação, independência, inclusão social e qualidade de vida de PcDs através do desenvolvimento de equipamentos, serviços e soluções em Tecnologia Assistiva. Este objetivo geral se desdobra em cinco objetivos específicos, caracterizados como quatro equipamentos e uma validação:

Objetivo Específico 1: Desenvolver um equipamento para mobilidade de pessoas com limitações moderadas.

Objetivo Específico 2: Desenvolver linha de produtos para prótese para amputados com recursos estéticos visando a redução do estigma.

Objetivo Específico 3: Soluções para codificação Braille para cores.

Objetivo Específico 4: desenvolver recursos pedagógicos para Inclusão escolar de pessoas com deficiências.

Objetivo Específico 5: Desenvolver equipamentos para humanização de UTI hospitalar.

Modalidade de Bolsas

O INT vem sistematicamente sofrendo perdas de servidores, principalmente por aposentadoria, sem a reposição necessária para manter a capacidade de pesquisa. Assim, seria impossível continuar com as atividades sem o apoio de pesquisadores bolsistas.

Além da carência de profissionais no INT, a bolsa PCI também permite agregar outros conhecimentos às competências do INT. Por exemplo, a bolsista Liliane Ribeiro, candidata a renovação da bolsa PCI DD, tem ampla experiência no desenvolvimento de inovações na forma e funcionalidades de equipamentos para torná-los empáticos, amigáveis, leves e assim reduzir o estigma relacionado ao seu uso. O bolsista Diego Costa, candidato a renovação de bolsa PCI DC, tem mestrado em engenharia de produção, e ampla experiência em design de serviços e co-design, conhecimentos que complementam as competências do INT.

Formação / Titulação	Experiência	Obj Espec	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Design de produtos / Graduação	Tecnologia Assistiva	1	DD	60	1

Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			19	20	21	22	23
1. Condução de pesquisas bibliográficas e em campo nas áreas de design, usabilidade e ergonomia para entender as necessidades dos usuários e o estado da arte do tema.	1, 2, 3, 4 e 5	Relatórios de pesquisa.	1	1	1	1	1
2. Análise e tratamento de dados; definição de parâmetros projetuais	1, 2, 3, 4 e 5	Relatórios de análise dos dados	1	1	1	1	1
3. Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade que atendam aos parâmetros projetuais	1, 2, 4 e 5	Protótipos virtuais e físicos de soluções de design	2	2	-	4	2
4. Desenvolvimento de protocolos de avaliação. Realizar testes de ergonomia, biomecânica e usabilidade. Análise de dados e revisão	1, 2, 3, 4 e 5	Relatório de validação	1	1	1	1	1
5. Redação de artigos, patentes e documentação para repasse ao setor produtivo	1, 2, 3, 4 e 5	Documentação final do projeto, artigos e patentes	2	2	2	4	2

Cronograma de Atividades

O presente projeto se caracteriza pelo desenvolvimento sequencial de seis produtos. Essa característica traz uma particularidade para o cronograma, de seguir os objetivos específicos ciclicamente a cada um dos seis produtos.

Atividades	Semestre				
	19	20	21	22	23

	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1 Pesquisas: Ob Esp. 1 mobilidade de pessoas com limitações moderadas	x									
2 Análise e tratamento de dados: Ob Esp. 1 - mobilidade de pessoas com limitações moderadas	x									
3 Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade: Ob Esp. 1 - mobilidade de pessoas com limitações moderadas	x									
4 Des. Protocolos, teste, análise dados e revisão: Ob Esp. 1- mobilidade de pessoas com limitações moderadas		x								
5 Redação de artigos, patentes e documentação para repasse: Ob Esp. 1 - mobilidade de pessoas com limitações moderadas		x								
1 Pesquisas: Ob Esp. 2 - prótese para amputados			x							
2 Análise e tratamento de dados: Ob Esp. 2 - prótese para amputados			x							
3 Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade: Ob Esp. 2 - prótese para amputados			x							
4 Des. Protocolos, teste, análise dados e revisão: Ob Esp. 2 - prótese para amputados				x						
5 Redação de artigos, patentes e documentação para repasse: Ob Esp. 2 - prótese para amputados				x						
1 Pesquisas: Ob Esp. 3 - codificação Braille para cores					x					
2 Análise e tratamento de dados: Ob Esp. 3 - codificação Braille para cores					x					
4 Des. Protocolos, teste, análise dados: Ob Esp. 3 - codificação Braille para cores						x				
5 Redação de artigos, patentes e documentação para repasse: Ob Esp. 3 - codificação Braille para cores						x				
1 Pesquisas: Ob Esp. 4 - recursos pedagógicos							x			
2 Análise e tratamento de dados: Ob Esp. 4 - recursos pedagógicos							x			
3 Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade: Ob Esp. 4 - recursos pedagógicos							x			

Resultados Esperados

Espera-se com este projeto desenvolver soluções inovadoras que fomentem a mobilidade, comunicação, participação social, envolvimento em atividades e, conseqüentemente a saúde e o bem-estar às pessoas com deficiência, idosos, pessoas convalescentes e em reabilitação – benefícios que tendem a se estender a toda sua rede de apoio (familiares e cuidadores), e se refletir, inclusive em redução de custos em saúde pública, como tempo de reabilitação, distribuição de cadeira de rodas, de medicamentos e internações.

Resultados	Obj. Esp.	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Pessoas com limitações de mobilidade moderadas conseguindo realizar a marcha com andador	1	Percentual das pessoas do grupo alvo foram capazes de se erguer com o equipamento	70%				
Índice de satisfação dos usuários de prótese	2	Percentual de usuários mais satisfeito com o equipamento proposto em comparação com o anterior		50%			
Cegos capazes de reconhecer cores	3	Percentual de cegos que compreenderam código de cores			90%		
Melhoria no desempenho escolar de crianças e adolescentes PcDs	4	Melhora no rendimento escolar de PcDs, na disciplina atendida, com o uso dos recursos pedagógicos desenvolvidos				50%	

Índice de satisfação dos pacientes	5	Percentual de pacientes mais satisfeitos com os equipamentos desenvolvidos em comparação com o anterior disponíveis.					50%
------------------------------------	---	--	--	--	--	--	-----

Orientador/Supervisor: Júlio César Augusto da Silva

Projeto 14- Desenvolvimento de metodologias e métodos para caracterização antropométrica do corpo humano utilizando tecnologia de digitalização a laser e câmeras CCD

Introdução

O Laboratório de Ergonomia (LABER) da Divisão de Desenho Industrial do INT vem, desde 2008, realizando pesquisas na área de Antropometria 3D utilizando equipamentos de digitalização 3D a laser do corpo humano (scanner 3D de corpo Cyberware WBX e scanner 3D de cabeça e face Cyberware PX) com o objetivo de melhorar a qualidade do projeto de produtos, postos e ambientes de trabalho, visando adequá-los às características da população brasileira. A partir da nuvem de pontos gerada pela digitalização a laser do corpo humano é possível extrair centenas de medidas antropométricas, sejam elas 1D (larguras, alturas, comprimentos, profundidades e perímetros), 2D (áreas de seções transversais) ou 3D (volumes). Entretanto, para que seja possível a extração dessas medidas é necessário que na nuvem de pontos gerada sejam identificados pontos específicos, denominados marcos anatômicos. Esses pontos também são necessários para localizar centros de articulações, terminações ósseas e segmentos corporais ou para localizar pontos que são importantes para fins de projeto, como a localização da pupila em um projeto de óculos de proteção. A importância de se desenvolver métodos e ferramentas para a extração automática de marcos anatômicos é possibilitar a coleta de medidas antropométricas de modo preciso, rápido e confiável; medidas essas utilizadas em projetos ergonômicos de produtos, postos e ambientes de trabalho para os mais diversos setores sejam esses industriais ou doméstico. Nesse sentido, uma das ferramentas desenvolvidas no âmbito desse projeto foi o software SOOMA/Marcos Anatômicos que vem contribuir na obtenção de medidas antropométricas de forma rápida, precisa e padronizada por meio da automação e dissociação da interpretação humana na coleta de dados antropométricos. Por meio desse software é possível extrair dados antropométricos 1D, 2D e 3D de uma determinada população e extrair medidas antropométricas específicas para o projeto a ser desenvolvido, a partir dos arquivos digitalizados em 3D dessa população. Para que o software SOOMA/Marcos Anatômicos seja aprimorado em seu desempenho é necessário que os algoritmos desenvolvidos e implementados no software sejam aperfeiçoados assegurando que os resultados gerados sejam consistentes e confiáveis

palavras-chave: Antropometria 3D, Modelos Humanos Digitais, Digitalização 3D, Marcos Anatômicos

Objetivo Geral

Desenvolvimento de metodologias, métodos e ferramentas computacionais para extração automática de medidas antropométricas 1D, 2D e 3D a partir de modelos humanos digitais 3D.

Objetivo Específico 1: Expansão e testes da base de modelos humanos digitais 3D disponível no software SOOMA, através de sua utilização pela equipe do LABER e por instituições parceiras, com o objetivo de avaliar o uso do software por um número maior de usuários.

Objetivo Específico 2: Elaboração de metodologia para análise e controle de qualidade dos resultados produzidos pelos algoritmos do software SOOMA com o objetivo de identificar, de modo sistemático, falhas e inconsistências que devam ser corrigidas e possibilidades de melhorias nos resultados e desempenho do software.

Objetivo Específico 3: Evolução dos métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e de cálculo de medidas antropométricas implementados no software.

Objetivo Específico 4: Investigação de opções de melhorias na produção de modelos humanos digitais 3D, incluindo desenvolvimento de métodos de limpeza dos modelos, métodos para tratamento de múltiplos formatos, testes e validação de dispositivos adicionais, tais como scanners portáteis e outros.

Objetivo Específico 5: Evolução do SOOMA com desenvolvimento de módulo de apoio para visualização, análise e manipulação do modelo humano digital 3D, em conjunto com artefatos que representem os marcos anatômicos e medidas antropométricas calculadas pelo software.

Objetivo Específico 6: Aprimoramento do SOOMA com base nos testes, validações e observações de uso do software pelos diversos usuários.

Modalidade de Bolsas

Para a realização desse projeto são necessários profissionais da área de Estatística e Ciência da Computação com conhecimento e experiência em aplicações de Antropometria 3D.

Formação Acadêmica/ Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Engenharia ou Ciência da Computação / Doutorado	Projeto e Desenvolvimento de software / Windows, C#, R e Python	1, 4, 5 e 6	DA	60	1
Engenharia ou Ciência da Computação / Doutorado	Projeto e Desenvolvimento de software / Windows, C#, R e Python	1, 4, 5 e 6	DC	60	1
Estatística / Graduação	Estatística/Antropometria 3D	1, 2, 3 e 6	DD	60	1

Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
1- Ampliar e testar a base de modelos humanos digitais 3D com o objetivo de avaliar o uso do software	1	Relatórios contendo as análises realizadas		1	1		
2- Elaborar metodologia para análise e controle de qualidade dos resultados dos algoritmos	2	Relatórios com descritivo da metodologia desenvolvida	1	1			
3 - Analisar resultados gerados por meio de análises estatísticas	2	Relatórios contendo as análises realizadas		2	2		

4 - Estudar os métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e cálculo de medidas	3	Relatórios contendo os estudos realizados			1	1		
5 – Desenvolver algoritmos para cálculo de medidas de área e volume	3	Listagem de códigos desenvolvidos	1	1				
6 – Otimizar a produção de modelos humanos digitais 3D	4	Relatórios contendo métodos e testes desenvolvidos		1	2	2		
7 – Desenvolver módulo de apoio para visualizar, analisar e manipular modelos humanos digitais 3D	5	Módulo de apoio desenvolvido e testado				1		
8 - Observar e sistematizar experiências de testes e uso do SOOMA	6	Relatórios contendo as observações realizadas			1	2		
9 – Consolidar e priorizar aprimoramentos do SOOMA com base nas observações realizadas	6	Relatórios contendo recomendações de aprimoramentos				1	1	

Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1- Ampliar e testar a base de modelos humanos digitais 3D com o objetivo de avaliar o uso do software				X	X	X				

Atividades	Semestre									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2- Elaborar metodologia para análise e controle de qualidade dos resultados dos algoritmos	X	X	X							
3 - Analisar resultados gerados por meio de análises estatísticas				X	X	X				
4 - Estudar os métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e cálculo de medidas						X	X			
5 – Desenvolver algoritmos para cálculo de medidas de área e volume		X	X	X						
6 – Otimizar a produção de modelos humanos digitais 3D				X	X	X	X			
7 – Desenvolver módulo de apoio para visualizar, analisar e manipular modelos humanos digitais 3D							X	X		
8 - Observar e sistematizar experiências de testes e uso do SOOMA						X	X	X		
9 – Consolidar e priorizar aprimoramentos do SOOMA com base nas observações realizadas								X	X	X

Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023
Algoritmos desenvolvidos e implementados no <i>software</i> SOOMA/Marcos Anatômicos	1,2,3,4	Códigos descritos				1	

Artigo sobre a metodologia de controle de qualidade dos algoritmos	1,2,3	Publicação do artigo		1			
Instruções de implementação e de uso do software	1,2,4,5,6	Manuais de implementação e de uso do software		2	1	1	1
Registro do <i>software</i> SOOMA/Marcos Anatômicos	6	Registro do INPI					1

Resultados Esperados

O Laboratório de Ergonomia do INT desenvolve, dentre outros projetos de pesquisa, metodologias para a caracterização antropométrica do corpo humano utilizando digitalização 3D a laser. Nesse contexto, em 2017, foi defendida por um dos membros da equipe do laboratório tese de doutorado denominada "Extração Automática de Medidas Antropométricas a partir de Imagens Geradas por Digitalização a Laser e Câmeras CCD" no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil/COPPE/UFRJ. Por se tratar de trabalho inédito no país e fundamental para o desenvolvimento da área de digitalização 3D, tanto em Antropometria 3D quanto em outros processos de digitalização de superfícies, é importante para o INT a continuidade e o aprimoramento dessa linha de pesquisa. Vale ressaltar que o INT é a única instituição no Brasil que atua nas áreas de Antropometria 1D e 3D. Vale ressaltar também que o INT é membro fundador do grupo WEAR - World Engineering Anthropometry Resource (<https://www.bodysizeshape.com/>) e representante da América Latina nesse grupo internacional que reúne os maiores especialistas nas áreas de Antropometria 1D e 3D.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2019	2020	2021	2022	2023

Consolidação do INT como referência internacional na área de Antropometria 1D e 3D	1,2,3,4,5 e 6	Intercâmbio de pesquisadores entre o INT e instituições e universidades nacionais e internacionais		1	1	1	1
Disponibilização de ferramenta computacional	1,2,3,4,5 e 6	Uso da ferramenta por pesquisadores e profissionais da área de saúde e projeto		1	2	3	3

Referências Bibliográficas

- [1] CloudCompare User's Manual For Version 2.1. Disponível em: http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation_CloudCompare_version_2_1_eng.pdf
- [2] CloudCompare version 2.6.1 - User Manual. Disponível em: <http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>
- [3] N. A. GRAF, 3DPDF: Open Source Solutions for Incorporating 3D Information in PDF files, SLAC-PUB-15295. Disponível em: <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-15295.pdf>
- [4] Pastura, F. C. H.; 2000, Avaliação da Criação e da Difusão do Banco de Dados Antropométricos e Biomecânicos ERGOKIT – DOS, IX, 130 p., Tese (mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção.
- [5] Pastura, F. C. H., 2017, Extração Automática de Medidas Antropométricas a partir de Imagens Geradas por Digitalização a Laser e Câmeras CCD, XI, 183 p., Tese (doutorado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil.
- [6] Pastura, F. C. H.; Costa, T. F.; Mendonça, G. A.; Zamberlan, M. C. P. L., SOOMA - Software for Acquisition and Storage of Anthropometric Data Automatically Extracted from 3D Digital Human Models. In: 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018), 2018, Florença, Italia, Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). Cham: Springer Nature, 2018. v. IX. p. 472-481.
- [7] PDF3D Reportgen User Manual 2.13.0, Visual Technology Services. Disponível em: <https://www.pdf3d.com/products/pdf3d-reportgen/>
- [8] Robinette, K. M.; Daanen, H. A. M.; Zehner, G. F.; 2004, “Three-Dimensional Anthropometry”. In: Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering, pp.29-49, CRC Press LLC, ISBN 0-415-27908-9.

[9] Roebuck Jr., J. A.; 1995, Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body, Sta. Monica, California, Human Factors and Ergonomics Society.

[10] Sutcliffe, A. G.; 1995, Human-Computer Interface, Macmillan Press Ltd, London.CloudCompare (<http://www.danielgm.net/cc/>)

R (<https://www.r-project.org/>)

Meshlab (<http://www.meshlab.net/>)

Miktex (<https://miktex.org/>)

SQLite (<https://www.sqlite.org/>)

Equipe

Orientador/Supervisor: Flávia Cristine Hofstetter Pastura

Bolsista PCI-DD: Patrícia Baía Nicolato

Bolsista PCI-DD: Thatiane dos Santos Lopes