

## ANEXO I

### Projetos do Programa de Capacitação Institucional PCI 2019-2023

#### Projeto 1- Desenvolvimento de metodologias de caracterização de catalisadores por análises termoprogramáveis e espectroscópicas

##### Introdução

Algumas das metodologias mais utilizadas para caracterização de catalisadores são as análises termoprogramáveis como TPO (oxidação a temperatura programada), TPR (redução a temperatura programada) e TPD (dessorção a temperatura programada) [1,2]. Estas práticas possibilitam, por exemplo, o mapeamento da redutibilidade e de propriedades superficiais como acidez e basicidade. O LACAT - Laboratório de Catálise do INT possui atualmente dois tipos de equipamentos para este tipo de análise: um automatizado comercial e um montado no próprio laboratório. O primeiro possui um detetor de condutividade térmica para identificação e quantificação dos componentes da mistura gasosa de saída, enquanto o segundo possui um espectrômetro de massas. Para o segundo equipamento também se pode acompanhar o desempenho do catalisador diante de reagentes para estudar a interação da amostra com moléculas de especial interesse para o processo em estudo por TPSR (reação superficial a temperatura programada). Neste contexto, o espectrômetro de massas recém-instalado será usado nas atividades do projeto. Uma das etapas previstas neste projeto é o desenvolvimento de metodologias de análises de TPR com mistura gás inerte + hidrogênio, TPO com mistura gás inerte + oxigênio e TPD de gases H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> e vapores de etanol e de água com catalisador metálico suportado em óxido e misturas físicas de catalisadores. Outra etapa do projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de TPSR para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes. A atividade e seletividade a produtos como acetato de etila, ácido acético, acetaldeído, etileno e hidrogênio será monitorada.

Por outro lado, os diversos tipos de espectroscopia são essenciais na compreensão das propriedades, da configuração molecular e no acompanhamento de reações. O LACAT dispõe de equipamentos para espectroscopia de infravermelho (IV), ultravioleta (UV), e Raman, além da já citada espectrometria de massas. O desenvolvimento de metodologias de análise destas técnicas à infraestrutura existente no laboratório é de extrema importância, sem esquecer o uso de acessórios, como câmaras para ensaios in-situ. Em especial, em Catálise, torna-se muito útil o uso da espectroscopia infravermelho quando associada a uma unidade de vidro para limpeza das superfícies e adsorção de moléculas. Uma das etapas deste projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de análises de acidez e basicidade por adsorção de piridina e CO<sub>2</sub>, respectivamente, nos catalisadores e misturas por IV. Do mesmo modo, se prevê o uso do UV e do RAMAN na caracterização do estado de oxidação do metal ativo nos catalisadores e misturas e interações entre as espécies componentes dos catalisadores. Após a validação das metodologias, serão redigidos os protocolos das técnicas. Além destas técnicas tradicionais, uma célula para experimentos in situ tipo DRIFTS (*Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy*) acoplada ao espectrômetro de infravermelho pode realizar experimentos em atmosfera controlada simulando a ação de moléculas de interesse sobre o catalisador [3]. Novamente, está previsto o uso desta célula para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes.

Ainda no contexto de análises termoprogramáveis, pretende-se adaptar um calorímetro, para a caracterização ácido-base de catalisadores avaliando o calor de

adsorção/dessorção de moléculas-sonda como CO<sub>2</sub>. A calorimetria tem se mostrado uma técnica muito assertiva para a quantificação de sítios ácidos e básicos em sólidos [4]. A necessidade de informações sobre essas funções do material é recorrente no estudo de reações catalíticas dado que inúmeros processos químicos dependem delas. Assim, as atividades contarão com experimentos para a familiarização, ensaios preliminares e demais avanços para o conhecimento deste tipo de análise. Essas são ações que compõem um esforço com objetivo de iniciar este tipo de ensaio que até então não faz parte do escopo do LACAT. Este método alternativo permitirá expandir a capacidade do laboratório em relação a este tipo de caracterização, criando uma nova competência.

**Palavras-chave:** Laboratório; Análises térmicas; Espectroscopia; Catálise

### **Objetivo Geral**

Expandir a capacidade da Divisão de Catálise e Processos Químicos do INT nas técnicas espectroscópicas e de análise termoprogramável, melhorando a compreensão das propriedades físico-químicas dos catalisadores e a capacitação técnica dos integrantes da divisão e de instituições parceiras.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPD, TPR e TPO.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPSR.

**Objetivo Específico 3:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por análises espectroscópicas convencionais de IV, UV e Raman;

**Objetivo Específico 4:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por DRIFTS.

**Objetivo Específico 5:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização ácido-base de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por Calorimetria;

**Objetivo Específico 6:** Produção de dados para a elaboração de textos para procedimentos técnicos e relatório de atividades e redação de comunicações científicas.

## Bolsas

Para o desenvolvimento deste projeto, solicitamos uma bolsa PCI-DD, com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química industrial ou Eng. Química /Graduação	Química ou Engenharia Química	1,2,3,5,6	D-D	60	1

## Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão dos pesquisadores Andréa Maria Duarte de Farias, Alexandre Barros Gaspar, Clarissa Perdomo Rodrigues e Sidnei Brum da Silveira Filho.

**Atividade 1.** Preparo de catalisadores e misturas físicas.

**Atividade 2.** Realização de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 3.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 4.** Realização de análises de TPSR.

**Atividade 5.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPSR.

**Atividade 6.** Realização de análises IV, UV e Raman.

**Atividade 7.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de IV, UV e Raman.

**Atividade 8.** Realização de análises de DRIFTS.

**Atividade 9.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de DRIFTS.

**Atividade 10.** Levantamento teórico sobre métodos de calorimetria aplicados à Catálise, testes preliminares.

**Atividade 11.** Realização de análises de calorimetria.

**Atividade 12.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de calorimetria.

**Atividade 13.** Elaboração de relatório técnico de atividades e redação de artigos científicos.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atividade 1	1-5	Catalisadores e misturas físicas preparados	3	3
Atividade 2	1	Análises de TPR, TPO e TPD realizadas	20	20
Atividade 3	1	Relatório de TPR, TPO e TPD	1	1

Atividade 4	2	Análises de TPSR realizadas	10	10
Atividade 5	2	Relatório de TPSR		1
Atividade 6	3	Análises de IV, UV e RAMAN realizadas	10	15
Atividade 7	3	Relatório de IV, UV e RAMAN	1	1
Atividade 8	4	Análises de DRIFTS realizadas		15
Atividade 9	4	Relatório de DRIFTS		1
Atividade 10	5	Levantamento sobre calorimetria	1	1
Atividade 11	5	Análises de calorimetria realizadas		10
Atividade 12	5	Relatório de calorimetria		1
Atividade 13	6	Textos técnicos, relatórios e publicações		2

### Cronograma de Atividades

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

### Produtos

**Produto 1** - Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD.

**Produto 2** – Metodologia e resultados de análises de TPSR.

**Produto 3** – Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.

**Produto 4** – Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.

**Produto 5** – Metodologia e resultados de análises de Calorimetria.

**Produto 6** – Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Produto 1	1	Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD	1	
Produto 2	2	Metodologia e resultados de análises de TPSR.		1
Produto 3	3	Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.	1	
Produto 4	4	Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.		1
Produto 5	5	Metodologia e resultados de análises de Calorimetria	1	1
Produto 6	6	Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos	1	1

### Resultados Esperados

**Resultado 1** – Realização de análises para caracterização de catalisadores através de técnicas termoprogramáveis e Espectroscopia.

**Resultado 2** - Recursos técnicos desenvolvidos em Espectroscopia (câmaras in situ do UV, RAMAN, DRIFTS e Calorimetria).

**Resultado 3** – Capacitação de pessoal nas técnicas espectroscópicas, calorimétricas e termoprogramáveis;

**Resultado 4** – Comunicações científicas e patentes.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Resultado 1	1	Análises realizadas	20	20
Resultado 2	2-4	Novos recursos disponíveis	1	1
Resultado 4	5	Número de comunicações		2

**Equipe:** Clarissa Perdomo Rodrigues, Laís Ferreira de Castro, Alexandre Barros Gaspar, Andréa Maria Duarte de Farias.

### Referências Bibliográficas

- [1] J.W. Niemantsverdriet, Spectroscopy in catalysis, VCH, Weinheim, 2007.
- [2] M. Boaro; M. Vicario; C. Leitenburg, G. Dolcetti, A. Trovarelli, Catalysis Today, 2003, Vol.77, 407-417.
- [3] J. Zarfl, D. Ferri, T. Schildhauer, J. Wambach, A. Wokaun, Applied Catalysis A, General, 5, 2015, Vol.495, 104-114.
- [4] L. Damjanovic e A. Auroux, *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry* Vol. 5: Recent Advances, Techniques and Applications, M.E. Brown and P.K. Gallagher, editors, 2008.

## **Projeto 2: Caracterização de catalisadores heterogêneos utilizando análises *in-situ* para o estudo da reação de desidrogenação do isopropanol**

### **Introdução**

Nos últimos anos os métodos de caracterização tiveram um grande progresso e consequentemente avançaram os conhecimentos básicos em catálise, quer pelo refinamento da tecnologia, quer pelo desenvolvimento de novos métodos, facilitando o entendimento dos fenômenos superficiais e interfaciais, promovendo ao cientista da catálise meios de monitorar os métodos de preparação, identificar modificações ocorridas durante o uso do catalisador e meios que permitam chegar ao mecanismo das reações relacionadas a estrutura da superfície [1, 2]. As técnicas de redução a temperatura programada, difração de raios X (DRX) e espectroscopia Raman tem sido amplamente utilizadas nos estudos em catálise, além disso, podem ser consideradas as técnicas mais empregadas para a caracterização estrutural de materiais catalíticos [3]. De modo geral, estas técnicas fornecem informações complementares. Portanto, a combinação destas duas técnicas permite gerar uma descrição mais completa da estrutura dos catalisadores que podem influenciar diretamente as suas propriedades catalíticas.

A conversão do isopropanol é uma reação bem conhecida e, muitas vezes, utilizada como sonda para propriedades ácido-básicas superficiais [4-8]. As duas rotas para esta reação são: (i) desidratação direta a partir de sítios ácidos para a formação do propeno, e (ii) desidrogenação a partir de sítios ácidos e básicos para a formação de acetona e do MIBK. Esses produtos são utilizados com a mesma finalidade do isopropanol, sendo empregados como solventes e intermediários químicos. Durante essas reações também podem ser gerados diversos subprodutos. No entanto, alguns destes não são comercialmente viáveis e, portanto, catalisadores mais seletivos vêm sendo estudados para minimizar as reações indesejadas. A literatura [4] cita que átomos  $\text{Cu}^0$  superficiais promovem com eficiência a reação de desidrogenação do isopropanol para acetona em temperaturas moderadas, prevenindo a formação de produtos C6 de condensação que ocorre através da formação da ligação C-C sobre os sítios ativos contendo pares ácido-base.

A presente proposta tem como objetivo aprimorar os resultados obtidos em estudos anteriores: Processo FAPERJ No. E-26/202.369/2015; Processo CNPq PCI INT No. 312809/2016-6, e também multiplicar o uso dos softwares de identificação e quantificação de fases cristalográficas para os usuários dos laboratórios de catálise. Nos trabalhos anteriores, catalisadores de cobre suportados em alumina foram preparados com o objetivo de avaliar a atividade e seletividade para a desidrogenação em função da concentração de cobre e do seu estado de oxidação. Os resultados mostraram uma indicação do efeito da natureza das espécies ativas superficiais sob as condições reacionais em função da concentração de cobre. Na presente proposta tem-se como objetivo investigar o comportamento de catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda para ajustar as propriedades catalíticas, e caracterizá-los utilizando as técnicas *in-situ* disponíveis no Laboratório de Catálise do INT. O projeto conta com o apoio técnico de dois estudantes de graduação que participam de programas de bolsas institucionais (CIEE e PIBIC-INT/CNPq).

**Palavras-chaves:** DRX-in situ; isopropanol; Rietveld; difração de raios X.

### Objetivo Geral

Este projeto visa o desenvolvimento e aprimoramento de metodologias de caracterização *in-situ* de catalisadores para ajustar as propriedades catalíticas empregando a reação de desidrogenação do isopropanol.

**Objetivo Específico 1:** Sintetizar e caracterizar catalisadores com partículas pequenas e bem dispersas na superfície do suporte. Realizar pesquisa bibliográfica artigos científicos buscando divulgações recentes sobre o emprego da técnica de difração de raios X.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolver metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 Anton Paar acoplada ao difratômetro D8 Advance Bruker.

**Objetivo Específico 3:** Aplicar e implementar a técnica de refinamento de estrutura utilizando o método de Rietveld.

**Objetivo Específico 4:** Avaliar os catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda.

**Objetivo Específico 5:** Realizar a interpretação dos dados obtidos, com base no acervo levantado no objetivo específico 1 e apresentar a metodologia utilizada para a identificação da superfície dos catalisadores analisados.

**Objetivo Específico 6:** Consolidar o conhecimento através de registro em reuniões periódicas, abordando os resultados dos objetivos 1 a 3.

**Objetivo Específico 7:** Divulgar os resultados para a comunidade científica, por meio da participação em eventos, submissão de artigos em periódicos, cursos para a transferência do conhecimento acerca da técnica difração de raios X (DRX).

### Bolsas

A permanência do bolsista PCI-CNPq-INT no Laboratório de Catálise Combinatorial se faz muito importante para viabilizar a execução do projeto intitulado Caracterização de Catalisadores Utilizando Análises *In-Situ*, com o objetivo de desenvolver metodologia para a caracterização de catalisadores heterogêneos utilizando as técnicas disponíveis; como por exemplo, medida de área superficial, difração de raios X, espectroscopia por fluorescência de raios X, espectroscopia Raman, e reações a temperatura programada. Além disso, este programa permite a sua agregação como especialista no laboratório; assim como, compor a equipe na execução de trabalhos de pesquisa ou de desenvolvimento tecnológico.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química ou Engenharia Química ou Química Industrial/Graduação	Química ou Engenharia Química	1	DD	60	1

## Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Clarissa Perdomo Rodrigues.

**Atividade 1:** Síntese de catalisadores. Sintetizar catalisadores utilizando métodos que permitam a obtenção de materiais com pequeno tamanho de cristalito e boa dispersão, que não altere a distribuição de sítios ácidos e básicos e apresentem habilidade para a reação de desidrogenação do isopropanol. O Indicador desta atividade será um Relatório Técnico.

**Atividade 2:** Caracterização de catalisadores. As amostras de catalisadores serão caracterizadas pelas seguintes técnicas: difração de raios X (DRX) utilizando o equipamento D8 Advance da Bruker; microscopia eletrônica de varredura em campo de emissão (FEG-SEM) em um microscópio Quanta FED 450 (FEI) operando com voltagem máxima de 20 kV, equipado com espectrômetro de energia dispersiva de raios X (EDXS), fluorescência de raios X utilizando o espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (WDXRF) S8 Tiger da Bruker, redução a temperatura programada (TPR) utilizando equipamento Autochem 2920 da Micromeritics e fisissorção de N<sub>2</sub> líquido usando equipamento ASAP 2420 (BET) da Micromeritics. O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 3:** Identificação e quantificação de fases cristalográficas. A identificação de fases será realizada utilizando o software DIFRAC.EVA através de dados obtidos no difratograma gerado na análise por Difração de Raios X (DRX) em conjunto com o Crystallographic Information File (CIF) do material obtido no Crystallography Open Database (COD). O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 4:** Refinamento de estrutura usando o Método de Rietveld. O refinamento estrutural será realizado utilizando o software DIFFRAC.SUITE TOPAS por ajuste matemático interativo de um padrão real (experimental) com um modelo (teórico), minimizando a diferença entre pontos medidos e calculados (mínimos quadrados). O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 5:** Avaliação de catalisadores. Os catalisadores serão testados para a reação de desidrogenação do isopropanol por se tratar de uma reação conhecida e estudada como reação modelo para caracterização de sítios ácidos e básicos, utilizando uma unidade de teste catalítico a pressão atmosférica disponível no Laboratório de Catálise do INT. Os produtos de reação serão analisados on line por um cromatógrafo gasoso equipado com dois detectores, um de condutividade térmica (TCD) e outro de ionização de chama (FID), utilizando He como gás de arraste. A atividade catalítica será avaliada através do cálculo da conversão do isopropanol e seletividade para os produtos da reação de interesse. O Indicador desta atividade será o número de Ensaios Realizados.

**Atividade 6:** Comunicações científicas. Esta atividade envolve a elaboração de trabalhos para serem apresentados em congressos, artigos para publicação em revistas de grande importância na área e patente se houver, de modo a organizar os dados para a redação do relatório final. O Indicador desta atividade será os Textos técnicos e Publicações elaboradas.

**Atividade 7:** Relatório Final. Esta atividade tem como objetivo o estabelecimento de correspondências entre as propriedades estruturais destes materiais e os resultados de desempenho (atividade, seletividade e estabilidade) na reação de interesse, que será apresentada na forma de um relatório final.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atividade 1	1	Relatório técnico		2
Atividade 2	2	Análises realizadas	12	25
Atividade 3	3	Análises realizadas	10	20
Atividade 4	3	Análises realizadas	10	20
Atividade 5	4	Ensaio realizados	7	15
Atividade 6	4	Textos técnicos e publicações		3
Atividade 7	4	Relatório técnico		1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Atividade 1		X	X	
Atividade 2		X	X	X
Atividade 3		X	X	X
Atividade 4		X	X	X
Atividade 5		X	X	
Atividade 6		X	X	X
Atividade 7			X	X

### Produtos

Geração de um conjunto de informações sobre o comportamento de catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda para ajustar as propriedades catalíticas, bem como sobre a aplicação da técnica por difração de raios X para identificação, quantificação e refinamento de estruturas.

**Produto 1** – Atualização do emprego da técnica de DRX;

**Produto 2** – Atualização do emprego da técnica de FRX;

**Produto 3** – Resultados das análises utilizando a câmara XRK900;

**Produto 4** – Refinamento de estrutura aplicando o método de Rietveld;

**Produto 5** – Testes catalíticos realizados para a conversão do isopropanol;

**Produto 6** – Interpretação dos dados e quantificação de fases cristalinas;

**Produto 7** – Participação em eventos internos e externos;

**Produto 8** – Submissão de artigos em periódicos especializados.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atualização do emprego da técnica de DRX	1	Número de relatórios entregues = 2	1	1
Atualização do emprego da técnica de FRX	1	Número de relatórios entregues = 2		

Resultados das análises utilizando a câmara XRK900	2	Número de difratogramas gerados = 25		25
Refinamento de estrutura aplicando o método de Rietveld	3	Número de amostras analisadas = 15	5	10
Testes catalíticos realizados para a conversão do isopropanol	4	Número de testes realizados = 15	5	10
Interpretação dos dados e quantificação de fases cristalinas	5	Número de amostras analisadas = 15	5	10
Participação em eventos internos e externos	6	Número de participações em eventos internos e externos = 7		1
Submissão de artigos em periódicos especializados	7	Número de artigos submetidos = 3		1

### Resultados Esperados

Como resultados deste trabalho, estima-se conhecer melhor as correlações entre as propriedades morfológicas e físico-químicas de catalisadores e os resultados de desempenho na reação de interesse, assim como a determinação do impacto da estrutura morfológica na distribuição dos sítios ativos ao longo da superfície do catalisador. E também, capacitar os usuários dos laboratórios de catálise para utilizar os softwares de identificação e quantificação de fases cristalográficas.

**Resultado 1** – Metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 acoplada a DRX;

**Resultado 2** – Capacitação do bolsista e transferência de conhecimento para a instituição.

**Resultado 3** – Visibilidade nacional e internacional.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 acoplada a DRX e interpretação dos resultados	1-5	Relatório técnico		2
Capacitação do bolsista e transferência de conhecimento para a instituição	6	Participação em workshop interno da Divisão de Catálise e no seminário Interno de Avaliação dos Bolsistas PCI do INT.		1

Visibilidade nacional e internacional	7	Participação em congressos nacionais e/ou internacionais e/ou em co-autoria de artigos submetidos para periódicos		2
---------------------------------------	---	---	--	---

### Equipe

Clarissa Perdomo Rodrigues  
 Fabiana Magalhães Teixeira Mendes  
 Laís Ferreira de Castro

### Referências Bibliográficas

- [1] Schmal, M. *Catalise Heterogênea*. Editora Synergia, 1a ed. Rio de Janeiro. 2011.
- [2] He Mai, Luo Mengfei, Fang Ping. *Journal of Rare Earths* 24 (2006) 188-192.
- [3] Topsøe, H. *Journal of Catalysis* 216 (2003) 155–164.
- [4] Pepe, C. Angeletti, S. de Rossi, M. Lo Jacono, *Journal of Catalysis* 91 (1985) 69-77.
- [5] S. A. El-Molla, S. M. Abdel-all, M. M. Ibrahim, *Journal of Alloys and Compounds* 484 (2009) 280-285.
- [6] R. M. Rioux, M. A. Vannice *Journal of Catalysis* 216 (2003) 362-376.
- [7] Antonella Gervasini, Aline Aurox *Journal of Catalysis* 131 (1991) 190-198.
- [8] J. E. Rekoske, M. A. Barteau *Journal of Catalysis* 165 (1997) 57-72

## Projeto 3: Oxidação de Alcanos leves via Catálise Heterogênea

### Introdução

Dentre as reações de grande impacto tecnológico encontra-se a reação de oxidação seletiva de alcanos leves ( $C_1$ - $C_4$ ), especialmente as que usam propano como reagente. No atual cenário energético mundial o processamento direto de alcanos, como o propano, torna-se de extrema relevância, pois possuem grande impacto econômico, em função de sua abundância, seu baixo custo e, em especial, a possibilidade de obtenção de olefinas e de produtos oxigenados, importantes intermediários da plataforma química. A retomada pelo interesse nesta rota tecnológica repousa, além da abundância dos recursos oriundos do gás de Xisto (Gás Natural), na necessidade de suprir a crescente demanda mundial por propeno que tem projeção deficitária a partir de 2020 (1-2). A ativação do propano ainda é um desafio e a maioria dos esforços ainda estão em estágio de pesquisa e desenvolvimento (3-4). A conversão seletiva de um hidrocarboneto saturado requer sítios de alta complexidade que ativem a ligação C-H, formem intermediários oxigenados e evitem a formação de CO e CO<sub>2</sub>. Dentre os produtos de interesse destacam-se o propeno e os oxigenados como o ácido acrílico, em uma rota desidrogenativa (ODH do propano) ou por Oxidação Seletiva. A seletividade em propeno é influenciada pelas propriedades ácido-base do suporte. Recentemente, os resultados dos estudos conduzidos e em andamento mostram a necessidade de buscar um entendimento do comportamento do catalisador na desativação com base nos aspectos estruturais de sua formulação. Neste escopo, está em andamento estudos utilizando como suporte de espécies de vanádio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e VPO) um material mesoporoso como a MCM-41, modificadas ou não pela adição de elementos de caráter mais básico, como o Césio, Magnésio, entre outros. Em setembro deste ano será apresentado no XXVI Congresso Ibero-Americano de Catálise os resultados parciais obtidos até o momento (4).

**Palavras Chaves:** Propano; Desidrogenação Oxidativa (ODH); MCM-41; Carvão Ativado.

### Objetivo Geral:

Obtenção de propeno (importante matéria prima da indústria petroquímica) por meio da desidrogenação oxidativa do propano, usando catalisadores a base de vanádio e fósforo, associados a elementos de natureza alcalina como, magnésio e césio, suportados em MCM-41 e carvão ativado.

**Objetivo Específico 1:** Sintetizar catalisadores a base de vanádio e fósforo, modificados pela adição de elementos de natureza básica (magnésio e/ou césio) suportados em MCM-41 e carvão ativado e avaliar a influência das propriedades ácido-base do suporte na seletividade do propeno.

**Objetivo Específico 2:** Caracterizar os catalisadores preparados por meio de técnicas físico-químicas como DRX, MEV-EDS, XPS, BET, UV-DRS e Raman.

**Objetivo Específico 3:** Realizar testes catalíticos, visando a obtenção de propeno a partir do propano, variando-se as condições de processo, como temperatura, tempo de

contato e tempo de reação, vazão dos reagentes, visando otimizar o desempenho dos catalisadores com base nos dados de conversão e seletividade.

**Objetivo Específico 4:** Redigir relatórios e apresentar resultados em eventos internos e externos.

**Objetivo Específico 5:** Participar da redação de artigos para a divulgação dos resultados em eventos científicos e revistas especializadas.

### Bolsas

Para o desenvolvimento deste projeto, necessitamos de uma bolsa PCI-DC com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química ou Química/ Mestrado	Catálise Heterogênea	1-5	D-C	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão do pesquisador Paulo Gustavo Pries de Oliveira.

**Atividade 1:** Preparação de catalisadores.

**Atividade 2:** Caracterização dos catalisadores.

**Atividade 3:** Testes de atividade catalítica.

**Atividade 4:** Apresentação em eventos do Instituto Nacional de Tecnologia.

**Atividade 5:** Apresentação em congressos científicos nacionais e internacionais na área de catálise, externos ao Instituto Nacional de Tecnologia.

**Atividade 6:** Submissão de artigo em revista especializada.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atividade 1	1	Relatório Parcial de preparação	1	1
Atividade 2	2	Relatório Parcial de caracterização	2	2
Atividade 3	3	Relatório Parcial de atividades catalítica	2	2
Atividade 4	4	Trabalhos apresentados no Workshop da Divisão de Catálise e no Seminário Interno do Programa PCI do INT	1	1

Atividade 5	4	Trabalhos apresentados em congresso	1	
Atividade 6	5	Publicação em periódicos nacional e/ou internacional		1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Metas			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Atividade 1	x	x	x	
Atividade 2	x	x	x	
Atividade 3	x	x	x	x
Atividade 4		x		x
Atividade 5		x		x
Atividade 6			x	

### Produtos

**Produto 1:** Catalisadores preparados.

**Produto 2:** Caracterizações físico-químicas dos catalisadores preparados.

**Produto 3:** Testes Catalíticos realizados.

**Produto 4:** Participação em eventos do Instituto Nacional de Tecnologia.

**Produto 5:** Participação em eventos científicos nacionais e internacionais, externos ao Instituto Nacional de Tecnologia.

**Produto 6:** Submissão a periódicos especializados.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Produto 1	1	Número de catalisadores preparados	5	5
Produto 2	2	Número de caracterizações realizadas	5	5
Produto 3	3	Número de testes catalíticos realizados	30	30
Produto 4	4	Número de participações em eventos internos	1	1
Produto 5	4	Número de participações em congressos científicos externos	1	
Produto 6	5	Número de artigos publicados		1

### Resultados Esperados

**Resultado 1:** Seleção dos catalisadores mais ativos e seletivos para a ODH do propano envolvendo etapas de preparação e caracterização.

**Resultado 2:** Redação de relatórios técnicos.

**Resultado 3:** Capacitação do bolsista e troca de conhecimento entre pesquisadores através da participação em eventos internos e externos.

**Resultado 4:** Publicação de artigos científicos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Resultado 1	1-3	Catalisadores ativos e seletivos para a ODH preparados e caracterizados	1	1
Resultado 2	4	Relatórios técnicos elaborados	1	1
Resultado 3	4	Trabalhos apresentados em eventos internos e externos	1	1
Resultado 4	5	Artigos científicos publicados		1

**Equipe:**

Paulo Gustavo Pries de Oliveira – D.Sc

Fabiana Magalhães Teixeira Mendes – D.Sc

**Referências Bibliográficas**

- [1] Review Energy Policies of IEA Countries. The United States Executive Summary, IEA, (2014).
- [2] [http://www.lpgc.or.jp/corporate/information/program5\\_Japan2.pdf](http://www.lpgc.or.jp/corporate/information/program5_Japan2.pdf), último acesso em 11-06-2018.
- [3] V.J.M. Ferreira Neto, T.S.B, Costa, A L. L. Magalhães, A.B. Gaspar, P.G. Pries de Oliveira, F.M.T. Mendes, "*Propane oxidation by vanadium supported on activated carbon from sugarcane straw*", J. Mol. Catal. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2017.11.010>.
- [4] A.L.L. Magalhães, V.J.M.F. Neto, E.B. Silveira, F.M.T. Mendes, P.G.P. de Oliveira - *Comparação entre o desempenho de espécies VO<sub>x</sub> e fases VPO suportadas em MCM-41 e carvão ativado, frente à reação de ODH do propano* – aprovado XXVI Congresso Ibero-Americano de Catálise – Coimbra, 9-14 de setembro de 2018 – Aprovado.

## **Projeto 4: Estudo das modificações no ambiente eletrônico da superfície (até 10nm) e da interface dos materiais (metálicos ou não) por espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X(XPS).**

### **Introdução**

A espectroscopia fotoeletrônica por raios X (XPS) é uma técnica extremamente relevante para a análise de superfícies de poucas camadas atômicas e é uma ferramenta essencial tanto para a nanociência, como para a nanotecnologia. A técnica é voltada para a identificação e quantificação de elementos químicos na superfície dos materiais (em uma superfície até 10 nm). Além disso, possui um diferencial das demais técnicas, pois é capaz de determinar os diferentes estados de oxidação dos elementos, permitindo um estudo do comportamento de suas interações e interfaces. Um número infinito de aplicações é encontrado, principalmente, nas áreas de materiais, catálise, corrosão, polímeros, etc. Especialmente na área de catálise, as espécies metálicas ou óxidas são os sítios ativos de inúmeras reações químicas de grande relevância. Em muitos casos, elementos químicos como o rutênio, o vanádio, o nióbio, o cério, o zinco, prata e níquel, zircônio, entre outros são o objeto de investigação e as interações entre as interfaces metálicas ou óxidas de composições entre esses elementos é um grande desafio. Muitos desses elementos são ditos não convencionais pois produzem espectros com linhas que carregam interferências quando passam pelo processo de excitação fotoeletrônica. O tratamento dos dados gerados pela técnica de XPS e a interpretação do espectro obtido pressupõe o conhecimento avançado do software CASAXPS e dos fundamentos teóricos que envolvem a técnica e norteia as atividades em P&D<sup>1-6</sup>. Neste viés, o sucesso das linhas de pesquisa em andamento no INT, passa pelo domínio e conhecimento das propriedades físico-químicas da superfície e das interações entre os materiais. Sendo assim, o desenvolvimento de uma metodologia para a especificação elementar e o domínio do tratamento dos dados gerados, com base no uso avançado do software CASAXPS é essencial para trazer a luz do conhecimento questões que envolvem problemas ocorridos nas indústrias de transformação e energia. A natureza do ambiente eletrônico elementar na superfície dos catalisadores de refino (níquel), oxidação de propano (vanádio) e redução do CO<sub>2</sub> (prata), na hidrogenação do benzeno (rutênio) e nos processos de corrosão (ferro e nitretos) irá definir os mecanismos de reação, desativação, desempenho, regeneração e sinterização, o que impacta diretamente na performance destes materiais. Dentro das atividades de pesquisa a que se propõe este projeto destacam-se os temas já em estudo: uso do CO<sub>2</sub> para a obtenção de combustíveis e derivados químicos, hidrogenação parcial do benzeno e oxidação do propano. Neste escopo, está em andamento atividades em P&D que utilizam a técnica por XPS para avaliar catalisadores contendo em sua formulação elementos como prata, vanádio, rutênio, titânio, molibdênio, cério, entre outros. Em suma, este projeto busca solução de problemas físico-químicos dos materiais que figuram como desafios na atividade industrial de produção de petróleo e no aproveitamento dos recursos oriundos das atividades do pré-sal, como é o caso do aproveitamento do CO<sub>2</sub>.

**Palavras-chave:** Espectroscopia, Físico-química, catalisadores, ambiente eletrônico

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como objetivo geral desenvolver metodologias para o estudo das alterações eletrônicas na superfície dos catalisadores e/ou materiais através da técnica de espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS) e pelo uso avançado do software CASAXPS.

**Objetivo Específico 1:** Realizar buscas em bases de periódicos sobre divulgação recente, sobre o emprego da técnica de XPS e interpretação sobre, principalmente, catalisadores e/ou materiais contendo os elementos rutênio, vanádio e prata em sua formulação.

**Objetivo Específico 2:** Determinar a composição elementar com base, na aquisição dos dados gerados pela técnica de XPS e de seu tratamento com base no uso avançado do software CASAXPS.

**Objetivo Específico 3:** Realizar a interpretação dos dados obtidos, com base no acervo levantado no objetivo específico 1 e apresentar a metodologia utilizada para a identificação da superfície dos materiais investigados.

**Objetivo Específico 4:** Consolidar o conhecimento através de registro em relatórios intermediários e reuniões periódicas, abordando os resultados dos objetivos 1 a 3.

**Objetivo Específico 5:** Divulgar os resultados para a comunidade científica, por meio da participação em eventos, submissão de artigos em periódicos, cursos e editais de fomentos para apoio ao desenvolvimento e transferência do conhecimento acerca da técnica de espectroscopia de elétrons excitados por raios X (XPS).

#### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Química ou Engenharia química / Graduação	Química e/ou Engenharia química	1 a 5	DD	60	1

#### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Levantamento em bases de periódicos	1	Relatório contínuo sobre o levantamento bibliográfico	1	1
Determinar a composição elementar por XPS- uso do software CasaXPS	2	Relatório parcial com o tratamento dos espectros obtidos		1
Realizar a interpretação dos dados obtidos	3	Relatório apresentando a interpretação dos espectros		1
Consolidação e divulgação dos resultados	4	Divulgação dos resultados em eventos externos e internos		1

Submissão de artigos em periódicos indexados	5	Artigos submetidos		1
--	---	--------------------	--	---

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2022	2023
Levantamento em bases de periódicos	x	x
Determinar a composição elementar por XPS- uso do software CasaXPS		x
Realizar a interpretação dos dados obtidos		x
Consolidação e divulgação dos resultados		x
Submissão de artigos em periódicos indexados		x

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Relatório do estado da arte do uso da técnica de XPS com (Ru/V/Ag/Ti)	1	Número de relatórios entregues=2	1	1
Espectros gerados/interpretados com uso da técnica XPS (V/Ag/Mg/Nb/Zn,etc)	2 e 3	Número de espectros gerados e tratados=20		10
Participação em eventos-visibilidade e network	4	Número de participação em eventos (externos e internos)=1		1
Submissão de artigos em periódicos especializados na área	5	Número de artigos submetidos=1		1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Metodologia de especificação elementar da superfície dos catalisadores e materiais contendo principalmente os elementos (V/Ag/Mg)	1 a 4	a) Relatório parcial; b) Relatório final;	1	1
Capacitação do Bolsista e transferência de conhecimento para a Instituição	4 e 5	Participação em workshop interno da Divisão de Catálise do INT, no seminário Interno de Avaliação dos Bolsistas PCI.		1
Visibilidade nacional, internacional e network científico	4 e 5	Participação em congressos nacionais e/ou internacionais e/ou em co-autoria de artigos submetidos para periódicos		1

## Referências Bibliográficas

- [1] Introdução à técnica de espectroscopia fotoeletrônica por raios X”- (“ISBN 978-85-61325-61-9).
- [2] Introdução à técnica de espectroscopia fotoeletrônica por raios X: Tratamento dos dados gerados- tutorial do software XPS- (“ISBN 978-85-68483-10-7).
- [3] Propane oxidation by vanadium supported on activated carbon from sugarcane straw. Virgílio J.M. Ferreira Neto , Thiago de S. Belan Costa , André L. L. Magalhães , Alexandre B. Gaspar , Paulo G. Pries de Oliveira, Fabiana M. T. Mendes, Molecular Catalysis (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcat.2017.11.010>.
- [4] Pedro Fonseca Teodoro, Carla Ramos Moreira, Marcia Gomes Oliveira, Fernanda Cristina Fernandes Braga, Javier Alejandro Carreno Velasco, Marcelo Ferreira Leão de

Oliveira e Fabiana Magalhães Teixeira Mendes, Anais do XVI Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química, PUC, Rio de Janeiro, 05 a 08 de dezembro de 2017.

[5] P. C. Silva Neto, F. G. R. Freitas, D. A. R. Fernandez, R. G. Carvalho, L. C. Felix, A. R. Terto, R. Hubler, F. M. T. Mendes, A. H. Silva Junior, E. K. Tentardini, *Surface & Coatings Technology* 353 (2018) 355–363, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.07.106>.

[6] Carla Ramos Moreira, Pedro F. Teodoro, Marcelo F. L. de Oliveira, Fernanda C. F. Braga, Marcia G. Oliveira, Javier A.C. Velasco, Fabiana M. T. Mendes "*Synthesis and characterization of silver nanoparticles supported on activated carbon for electrode preparation*", 16th ICCDU Congress - International Congress on Carbon Dioxide Utilization-27 a 30 de agosto de 2018, Rio de Janeiro-RJ.

Equipe:

Fabiana M. T. Mendes

Erika Batista Silveira

Bolsista PCI D-D

## **Projeto 5: Estudo de catalisadores suportados em carvões para produção de intermediários químicos a partir de matérias-primas de origem renovável**

### **Introdução**

Este projeto visa o desenvolvimento e aprimoramento de catalisadores e processos para a obtenção de intermediários químicos a partir de matérias-primas de origem renovável. Uma matéria-prima se destaca no panorama da indústria química: a glicerina, renovável, oriunda da produção do biodiesel. Essa matéria-prima pode ser convertida em intermediários químicos com o uso de catalisadores, cujos processos são objeto de estudo em artigos e patentes. A glicerina pode ser transformada em 1,2- e 1,3-propanodiol, etilenoglicol, 1- e 2-propanol, etanol e metanol por hidrogenólise. O estudo dos catalisadores adequados e de condições de processo para maximizar o rendimento destas matérias-primas nos produtos é o objetivo deste trabalho.

No Edital FAPERJ Nº 27/2012 Programa “Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica em Química Verde – 2012” realizamos o projeto (Processo 112.187/2012) com o título “Catalisadores de Rutênio para Produção de Intermediários Químicos a Partir de Glicerol”. Este projeto empregava catalisadores de rutênio preparados por impregnação seca em gama-alumina (RuAl), óxido de nióbio (RuNb), óxido de zircônio (RuZr) e óxido de zircônio tungstanado (RuZrW) utilizando apenas cloreto de rutênio como sal precursor na hidrogenólise de glicerol. Este trabalho foi realizado em parceria com o Prof. Fabio Barbosa Passos na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense na orientação da aluna de mestrado Isabela Dantas Barcelos Greycy que defendeu sua dissertação em 2017.

Além dos suportes tradicionais ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ , etc), carvão também tem sido empregado como suporte de catalisadores nesta reação (1, 2). Mais recentemente, catalisadores de Ru suportados em carvão ativado obtido de biomassa também tem apresentado atividade nesta reação (3-5).

Atualmente, nosso laboratório tem trabalhado com a palha da cana de açúcar para preparar carvão ativado com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  para uso como suporte de catalisador Ru/C sintetizado por impregnação de nitrato nitrosil rutênio para a hidrogenólise do glicerol (6-8). A presente proposta se diferencia no uso de carvões obtidos de resíduos industriais (madeira, palha de cana e palha de coco) como suportes dos catalisadores e no emprego de precursor de rutênio. Segundo a literatura, ambos os fatores devem exercer importante influência tanto nas características dos catalisadores resultantes quanto na atividade dos mesmos na reação de interesse.

**Palavras-chave:** Carvão ativado, glicerol, metal suportado, intermediários químicos

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral da proposta consiste em estudar os catalisadores suportados em carvões para a produção de intermediários químicos a partir de matérias-primas de origem renovável. Como objetivos específicos destacam-se:

**Objetivo específico 1:** Revisão bibliográfica associada ao tema em bases de dados de artigos e patentes.

**Objetivo específico 2:** Síntese de catalisadores para as reações de hidrogenólise da glicerina.

**Objetivo específico 3:** Caracterização físico-química dos catalisadores formulados e sintetizados no laboratório.

**Objetivo específico 4:** Avaliação do desempenho dos catalisadores sintetizados com foco na atividade e seletividade.

**Objetivo específico 5:** Elaboração de textos para relatório de atividades e artigos científicos.

### Bolsas

Para o desenvolvimento deste projeto, necessitamos de uma bolsa PCI-DD, com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduado em Química / Engenharia Química	Química	1-5	D-D	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão do pesquisador Alexandre Barros Gaspar.

**Atividade 7:** Caracterização dos catalisadores (DRX, MEV-EDS, TPR, Textura).

**Atividade 8:** Avaliação de desempenho dos catalisadores sintetizados mais promissores para a obtenção dos produtos de interesse.

**Atividade 9:** Redação de relatório técnico.

**Atividade 10:** Apresentação de trabalhos em congressos (Congresso Brasileiro de Catálise).

**Atividade 11:** Publicação de artigos científicos.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atividade 7	3	Análises realizadas nos catalisadores mais ativos/seletivos	18	
Atividade 8	4	Reações realizadas nos catalisadores mais ativos/seletivos	9	
Atividade 9	5	Relatório técnico emitido		1
Atividade 10	5	Trabalhos apresentados em congressos	1	1
Atividade 11	5	Artigos científicos publicados		1

## Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Atividade 7	X	X		
Atividade 8	X	X		
Atividade 9			X	X
Atividade 10			X	X
Atividade 11			X	X

## Produtos

**Produto 2:** Redação de relatórios técnicos.

**Produto 3:** Apresentação de trabalhos em congressos.

**Produto 4:** Publicação de artigos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Produto 2	5	Relatório emitido		1
Produto 3	5	Trabalho apresentado em congresso	1	1
Produto 4	5	Artigos publicados		1

## Resultados Esperados

**Resultado 1:** Conhecimento básico sobre o processo de hidrogenólise de glicerol derivado da revisão bibliográfica.

**Resultado 2:** Desenvolvimento de catalisadores suportados em carvão de biomassas para a produção de intermediários químicos a partir do glicerol.

**Resultado 3:** Avaliação dos efeitos de variáveis de processo na conversão e seletividade.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Resultado 1	1	Processo de hidrogenólise de glicerol compreendido – Relatório emitido	1	1
Resultado 2	2-3	Catalisadores desenvolvidos – Relatório emitido	1	1
Resultado 3	4	Efeitos das variáveis de processo na conversão e seletividade elucidados – Relatório emitido	1	1

**Equipe:** Alexandre Barros Gaspar.

## Referências Bibliográficas

- [1] E. van Ryneveld, A.S. Mahomed, P.S. van Heerden, M.J.Green, H.B.Friedrich, Green Chem., 13 (2011) 1819.
- [2] T. Miyazawa, Y. Kusunoki, K. Kunimori, K. Tomishige, J. Catal., 240 (2006) 213.
- [3] E. Gallegos-Suarez; M. Pérez-Cadenas; A. Guerrero Ruiz, I. Rodriguez-Ramos, A.

- Arcoya, *Appl. Surf. Sci.*, 287 (2013) 108.
- [4] E. Gallegos-Suarez, A. Guerrero-Ruiz, I.R. Ramos, A. Arcoya, *Chem. Eng. J.*, 262 (2015) 326.
- [5] I. D. B. Greycy, J.C.S. Soares, F.P. Silva, T.R.S. Bittencourt, L.R. Meneghel, R. Santos, L. Travalloni, A.B. Gaspar, *Anais do 18º Congresso Brasileiro de Catálise*, Arraial d'Ajuda, Brasil, 2015.
- [6] F.J.L. Silveira, I.D.B. Greycy, J.C.S. Soares, A.B. Gaspar, Hidrogenólise do glicerol em etilenoglicol e 1,2-propanodiol com catalisadores Ru/C: efeito do precursor e de carvões de biomassa, In *Anais do XXVI Congresso Ibero-Americano de Catálise*, Coimbra, 2018.
- [7] F.J.L. Silveira, C.R. Moreira, I.D.B. Greycy, A.B. Gaspar, *ChemistrySelect* 5 (2020) 13376.
- [8] E.C. Severo, I.O. Monteiro, A.B. Gaspar, Caracterização de catalisadores de catalisadores a base de Pd e Ru sintetizados com suporte comercial tungstanado para a valorização do glicerol, In *Anais do XXVIII Congresso Ibero-Americano de Catálise*, Natal/RN/Brasil (virtual), 2022 (submetido).

## **Projeto 6: Caracterização de materiais nanoestruturados por técnicas avançadas de microscopia.**

### **Introdução**

A manufatura de catalisadores é responsável pela movimentação de bilhões de dólares em todo o mundo, principalmente no que se refere aos setores de refino, polimerização e automotivo. Porém, o valor total recuperado pela produção de bens resultante de processos catalíticos com base em fontes fósseis provoca um impacto na economia global da ordem de trilhões por ano (1). Por possuir tal relevante papel em diferentes ramos produtivos, o desenvolvimento de novos instrumentos capazes de alavancar a eficiência de catalisadores será sempre alvo de pesquisa. De forma mais abrangente, na Ciência de Materiais, o domínio das características de nanoestruturas pode modular as propriedades finais do produto, ampliando e aprimorando sua aplicação. Átomos podem ser ligados em diferentes geometrias para gerar estruturas mono, bi e tridimensionais, como nanofibras, nanotubos, nanofios e nanofolhas. O processamento dessas configurações requer o domínio de técnicas inovadoras de preparação e sua caracterização avançada. Neste contexto, nanoestruturas de óxidos de vanádio, cério, ítrio titânio, zinco, nanopartículas metálicas, sólidos de estrutura ordenada, entre outros, são exemplos de materiais que têm sido estudados por grupos de pesquisa deste instituto. Os métodos de preparação empregados incluem diversas técnicas comuns à Ciência de Materiais, como precipitação, uso da química coloidal, direcionadores de estruturas, métodos hidrotérmicos e solvotérmicos; metodologias que podem ser aperfeiçoadas com auxílio das técnicas aqui abordadas.

Um grande destaque nessa área de desenvolvimento pode ser considerado como o progresso em Nanotecnologia, um campo altamente interdisciplinar, envolvendo a Física, a Química, a Biologia, Ciência de Materiais e uma grande gama de disciplinas ligadas à Engenharia. Nesse contexto, ela trata da funcionalização de sistemas através da sua manipulação controlada, com destaque especial para a capacidade de provocar configurações atômicas precisas para criando estruturas que possuam propriedades adequadas a uma aplicação particular. Esse aspecto, sem dúvida, é capaz de provocar um grande impacto científico em Catálise e Ciência de Materiais, permitindo a obtenção de sistemas estruturados com geometria e características desenhados especificamente para um determinado processo. De fato, tais impactos já vêm sendo percebidos através da produção de inúmeras inovações tecnológicas (2). No INT, de forma geral, o uso de materiais modernos alinha-se à filosofia de aproveitamento de biomassa e resíduos em geral, os processos que envolvem a utilização de energia renovável, além do foco no aumento da eficiência do material ou da transformação química.

Uma das ferramentas de caracterização crítica para o desenvolvimento e domínio dos materiais avançados é o microscópio eletrônico de transmissão (MET). O modelo Tecnai-G20 da Thermo Fisher/FEI, instalado no CENANO (Centro de Caracterização em Nanotecnologia) do Instituto Nacional de Tecnologia, é imprescindível no impulsionamento desta área de competência, pois, a capacidade de geração de imagens em alta resolução é inerente ao estudo de materiais em escala micro e nanométrica. Em especial, este equipamento possui funcionalidades avançadas que devem ser bem desenvolvidas ao máximo, como: a técnica de Tomografia, a geração de imagens de varredura por transmissão - STEM (*Scanning Transmission Electron Microscopy*), a associação com a espectroscopia de energia dispersiva (EDS) e a geração de imagens de campo escuro de alto ângulo - HAADF (*High-angle annular dark-field imaging*). Vale ressaltar que a técnica de HAADF é uma valiosa ferramenta para o estudo de homogeneidades químicas dos materiais contendo elementos com

números atômicos suficientemente diferentes. Em combinação à Tomografia, a microscopia pode sair do patamar bidimensional e alcançar resolução espacial dos materiais, atingindo aspectos ligados a defeitos estruturais, distribuição de tamanho de partícula mais precisas, porosidade e homogeneidade global (3). Assim, os recursos de imagem aqui descritos agregarão excelência ao desenvolvimento de materiais avançados.

No escopo das atividades de pesquisa nas quais este projeto está inserido, destacam-se os temas já em estudo no INT, particularmente, conversão de renováveis para obtenção de bioprodutos e biocombustíveis e remediação de águas contaminadas por resíduos químicos. Existem nesses temas atividades em P&D correntes no INT que utilizam as técnicas avançadas de microscopia para investigar as propriedades estruturais e morfológicas de catalisadores e materiais nanoestruturados contendo em sua composição compostos como vanádio, nióbio, alumínio, silício, prata, platina, paládio, rutênio, cobre, entre outros.

### **Objetivo Geral**

Caracterização morfológica e estrutural de materiais e catalisadores nanoestruturados e de estrutura organizada no âmbito das atividades de pesquisa ligadas à conversão de renováveis e remediação de águas contaminadas. A caracterização visa explorar em alto nível a capacidade do instrumental existente no laboratório e ao mesmo tempo aprofundar o conhecimento técnico-científico da equipe no uso de microscopia eletrônica de transmissão (TEM), microscopia eletrônica de varredura por transmissão (STEM) e tomografia.

**Objetivo Específico 1:** Realizar buscas em bases de periódicos sobre o uso das técnicas TEM, STEM, tomografia, EDS e HAADF, bem como de métodos de preparo de amostras para análises de materiais nanoestruturados, com estrutura ordenada e materiais híbridos;

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento de materiais nanoestruturados, materiais de estrutura ordenada e materiais híbridos, contendo em sua composição compostos como vanádio, nióbio, alumínio, silício, prata, platina, paládio, rutênio, cobre, entre outros;

**Objetivo Específico 3:** Caracterização estrutural por TEM, STEM, EDS e HAADF de materiais nanoestruturados, materiais de estrutura ordenada e materiais híbridos sintetizados;

**Objetivo Específico 4:** Desenvolver protocolos específicos (ultramicrotomia) para preparação das amostras nanoestruturadas e materiais híbridos para análise estrutural

**Objetivo Específico 5:** Análise morfológica e estrutural de materiais nanoestruturados, materiais de estrutura ordenada e materiais híbridos sintetizados por Tomografia associada à Microscopia Eletrônica (TEM e STEM);

**Objetivo Específico 6:** Produção de dados para a elaboração de textos para procedimentos técnicos e relatório de atividades e redação de comunicações científicas.

## Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Eng. Química, Física ou Eng. Materiais / Doutorado	Nanotecnologia e Microscopia Eletrônica de Transmissão.	1 a 7	D-A	60	1

## Atividades de Execução

**Atividade 1.** Desenvolvimento de protocolos para análises de materiais nanoestruturados por STEM e HAADF;

**Atividade 2.** Síntese de materiais nanoestruturados contendo em sua composição compostos como vanádio, nióbio, alumínio, silício, prata, platina, paládio, rutênio, cobre, entre outros;

**Atividade 3.** Caracterização estrutural dos materiais nanoestruturados sintetizados por TEM, STEM, EDS e HAADF;

**Atividade 4.** Desenvolver metodologias específicas (ultramicrotomita) de preparação das amostras;

**Atividade 5.** Síntese de materiais ordenados a base alumínio, silício, zircônio, estanho e ítrio;

**Atividade 6.** Caracterização estrutural dos materiais ordenados sintetizados por TEM e STEM, EDS e HAADF;

**Atividade 7.** Síntese de materiais híbridos orgânico-inorgânicos;

**Atividade 8.** Caracterização estrutural dos materiais híbridos orgânico-inorgânicos sintetizados por TEM, STEM, EDS e HAADF;

**Atividade 9.** Treinamento e desenvolvimento de protocolos de análise em Tomografia;

**Atividade 10.** Caracterização morfológica e estrutural dos materiais nanoestruturados por Tomografia;

**Atividade 11.** Elaborar textos para procedimentos técnicos e relatório de atividades e apoiar a redação de artigos científicos.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
1	1,3	Protocolo de análise estabelecido	1	-
2	2,3	Materiais sintetizados	2	5
3	3	Análises realizadas	2	5
4	4	Protocolo de análise estabelecido	-	1
5	2	Materiais sintetizados	1	1
6	3	Análises realizadas	1	1
7	2	Materiais sintetizados	15	-
8	3	Análises realizadas	35	-
9	4	Protocolo de análise estabelecido	1	-
10	5	Análises realizadas	-	15
11	6	Textos técnicos, relatórios e publicações	5	5

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Atividade 1		X		
Atividade 2		X	X	X
Atividade 3		X	X	X
Atividade 4			X	X
Atividade 5		X	X	X
Atividade 6		X	X	X
Atividade 7	X	X		
Atividade 8	X	X		
Atividade 9	X	X		
Atividade 10			X	X
Atividade 11		X		X

### Produtos

**Produto 1** – Protocolo para análises de materiais nanoestruturados por STEM e HAADF.

**Produto 2** – Protocolo para preparação de amostra por ultramicrotomia

**Produto 3** – Protocolo para análises de materiais nanoestruturados por tomografia.

**Produto 4** – Relatórios e comunicações científicas produzidos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
<b>Produto 1</b>	1,3	Nº de protocolos	-	1
<b>Produto 2</b>	4	Nº de protocolos	1	-
<b>Produto 3</b>	4,5	Nº de protocolos	1	-
<b>Produto 5</b>	2,6	Nº de textos	5	5

### Resultados Esperados

**Resultado 1** – Manutenção de análises para caracterização de materiais através de técnicas de MET (modo normal e STEM, Tomografia) e integração com a plataforma de preparação de amostras (FIB, ultracriomicrotomo, embutimento);

**Resultado 2** - Novos recursos técnicos em Microscopia Eletrônica;

**Resultado 3** – Estruturas avançadas para Catálise e Materiais;

**Resultado 4** – Capacitação de pessoal (usuários e especializados) em técnicas avançadas Microscopia Eletrônica;

**Resultado 5** – Divulgação da pesquisa e comunicações científicas.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
<b>Resultado 1</b>	3 a 6	Análises realizadas	40	60
<b>Resultado 2</b>	1,3,5	Novos recursos disponíveis	-	1
<b>Resultado 3</b>	2,3	Nº patentes ou publicações internacionais		1
<b>Resultado 4</b>	6	Nº de pessoas capacitadas	3	3
<b>Resultado 5</b>	7	Nº de comunicações		2

### Equipe

Andréa Maria Duarte de Farias

Maurício Paiva

Marco André Fraga

### Referências



- 1- Council for Chemical Research (1998). *Vision 2020 catalysis report*, [www.ccrhq.org/vision/index/roadmaps/catrep.html](http://www.ccrhq.org/vision/index/roadmaps/catrep.html)
- 2.- M. Manoharan, *Technology in Society*. Volume 30, 2008, 401.
- 3-. J. M. Thomas. Reflections on the value of electron microscopy in the study of heterogeneous catalysts. *Proc. R. Soc. A* 473, 2017, 20160714. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2016.0714>

## Projeto 7: Tecnologia e Análise Ambiental

### Introdução

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias de remediação e monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais premente na busca de soluções sustentáveis e inovadoras para os recursos naturais, a fim de mitigar ações antropogênicas e mudanças climáticas.

O monitoramento ambiental através da pesquisa e desenvolvimento de metodologias sensíveis, seletivas, robustas e de baixo custo é de suma importância para os estudos de corpos hídricos, efluentes, solos e ar a fim de atender legislações e na análise de elementos traço inorgânicos e orgânicos.

Um dos poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são compostos orgânicos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados, que podem ter origem tanto antropogênica como através de queima de material orgânico como incêndios florestais naturais. Sua solubilidade em água diminui com o aumento da massa molar, podendo ser produzidos, basicamente, por pirólise de matéria orgânica em altas temperaturas, diagênese de material orgânico sedimentar em temperaturas baixas ou moderadas, ou ainda por biossíntese direta por microorganismos ou plantas. Estes compostos podem se distribuir tanto no solo, quanto na água e no ar, sendo que consideráveis quantidades de HPAs lançados ao meio marinho são originárias de fontes antropogênicas, como lançamentos de esgoto, deposição atmosférica, entre outros. Uma vez que os HPAs estão associados com a ação carcinogênica e mutagênica constituindo uma ameaça à saúde, o seu monitoramento em matrizes ambientais é de extrema relevância sob o ponto de vista de saúde pública.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 1, podendo-se citar alguns projetos já desenvolvidos/em desenvolvimento: (i) Experimentos de remobilização de metais em sedimentos contaminados; (ii) Determinação de Metais Disponíveis em Sedimento Sujeitos a Dragagem: o Uso de Testemunhos e Extração Sequencial; (iii) Avaliação do Rompimento de uma Barragem de Rejeitos sobre as Concentrações de Metais na Água e no Sedimento; (iv) Remediação de nitrato pelo uso de partículas metálicas de Fe e Zn zero valente; (v) Estudo da degradação do 1,2- dicloroetano por peroximonosulfato catalisado por  $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$ ; (vi) – Desenvolvimento de método de quantificação de HPA por CG em amostras de água; (vii) Desenvolvimento de argilominerais modificados com potencial aplicação como adsorventes de fosfato em ambientes aquáticos eutrofizados; (viii) – Redução catalítica nitrato e nitrito utilizando catalisadores bi metálicos; (ix) Contaminação por antivirais em matrizes aquosas do Rio de Janeiro: avaliação de risco ambiental e remoção por Processos Oxidativos Avançados; (x) Tecnologias Avançadas para o tratamento de águas contendo micropoluentes e estudo da remoção de contaminantes do Rio Guandu.

### Palavras-chave

**Objetivo Especifico 2:** *HPA; cromatografia a gás; espectrometria de massas; validação de método;*

### Objetivo Geral

Desenvolver tecnologias para remediação ambiental e validar metodologias analíticas para monitoramento de contaminantes inorgânicos e orgânicos em matrizes ambientais.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para monitoramento de HPA's em matrizes aquosas e sedimentos por cromatografia gasosa com detectores FID e espectrometria de massas.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduado/ Química, Química Industrial, Engenharia Química	Química Analítica e Cromatografia a gás	2	DD	60	01

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Revisão bibliográfica – Estado da arte	2	Relatório com a revisão bibliográfica	NA	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório de treinamentos realizados	NA	NA
Desenvolvimento de métodos analíticos*	2	Métodos desenvolvidos	NA	NA
Otimização e validação de métodos desenvolvidos*	2	Métodos validados	NA	NA
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	2	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	NA	NA

Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	2	Trabalhos submetidos a eventos científicos	-	02
Elaboração e submissão de artigos científicos	2	Artigo científico elaborado e submetido	-	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	2	Relatórios elaborados	01	-
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição	2	Apresentação oral	-	01
Elaboração de relatório final	2	Relatório elaborado	-	01

NA- Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para esta atividade

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 2

Atividades	2022		2023	
	Semestres			
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x	x	x	x
Treinamento operacional nos equipamentos		x		
Desenvolvimento de métodos analíticos		x	x	
Otimização e validação de métodos desenvolvidos			x	
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água			x	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos			x	x
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)		x		
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição				x
Elaboração do relatório final do projeto				x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Artigo científico aceito/publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	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	-	02

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para monitoramento de HPAs em matrizes aquosas e sedimentos*	2	-	-	-

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>01</p>	<p>05</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos submetidos/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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>01</p>	<p>05</p>

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

**Membros da equipe:**

**Objetivo específico 2:**

Eliane Przytyk Jung;  
 Claudete Norie Kunigami  
 Alex Novo

## Referências Bibliográficas

### Objetivo específico 2

- [1] EPA Method 3510C - Separatory funnel liquid-liquid extraction. In: Test method for evaluation solid waste physical/chemical methods. Laboratory manual. Environmental Protection Agency, 8p. 1996. Disponível em: <<https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3510c-separatory-funnel-liquid-liquid-extraction>>, acesso em fevereiro de 2018.
- [2] KENNISH, M. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. Petralia Publications, Boca Raton. 523 p, 1997.
- [3] MARQUES-JUNIOR, A. N.; DE MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição Marinha in: PEREIRA, R.; SOARES-GOMES, A. (eds.) Biologia Marinha. 2a. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.505-528, 2009.
- [4] MENICONI, F. G.; GABARDO, I. T.; CARNEIRO, M. E. R.; BARBANTI, S. M.; DA SILVA, G. C.; MASSONE, C. G. Brazilian oil spills chemical characterization- case studies. Environmental Forensics, v. 3, p. 303-321, 2002.
- [5] NEFF, J.M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment – Sources, Fates and Biological Effects. London: Applied Science Publishers LTD, 261 p. 1979.,
- [6] NUDI, A. H.; WAGENER, A. L. R.; FRANCONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, C. B.; VEIGA, A. Validation of *Ucides cordatus* as a bioindicator of oil contamination and bioavailability in mangroves by evaluating sediment and crab PAH records. Environment International, v. 33, p. 315-327, 2007.
- [7] PEDRETE, THAÍS. Monografia:Determinação de Metabolitos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em bñlis de peixes da Baia de Guanabara – RJ. Novembro/2010.
- [8] WAGENER, A. L. R.; MENICONI, M. F. G.; HAMACHER, C.; FARIAS, C. O.; SILVA, G. C.; GABARDO, I. T.; SCOFIELD, A. L. Hydrocarbons in sediments of a chronically contaminated bay: the challenge of source assignment. Marine Pollution Bulletin, v. 64, p. 284-194, 2012.

## Projeto 8: 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.

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, aplicadas 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 forticata*) 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 1 e 2:** *aproveitamento de resíduos; compostos bioativos; plantas medicinais; cromatografia*

**Objetivo Específico 4:** *cromatografia de íons; validação; efluentes industriais.*

### 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 à obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

**Objetivo Específico 1:** Caracterização e aplicação alimentícia de resíduos agroindustriais do processamento de *Euterpe edulis* Martius (juçara) e *Spondias tuberosa* Arruda Camara (umbu).

**Objetivo Específico 4:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas destinadas à análise de constituintes inorgânicos (cátions e ânions:  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) por cromatografia de íons voltadas para aplicação em amostras de efluentes industriais.

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Doutorado/Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos	Química e/ou Tecnologia de Alimentos e Métodos Cromatográficos e/ou Espectrométricos	1	D-A	60	1
Química; Química Industrial; Engenharia Química/ Graduação	Cromatografia de íons	4	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
			Revisão bibliográfica – Estado da arte	1
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório dos treinamentos realizados	NA	NA
Microencapsulação do extrato de resíduo de umbu rico em compostos antioxidantes	1	Micropartículas estabilizadas por <i>spray drying</i>	NA	NA
Caracterização das micropartículas	1	Obtenção do perfil de compostos fenólicos e carotenoides por HPLC e capacidade antioxidante por UV-Vis usando FRAP, ABTS e DPPH, estrutura morfológica por MEV, distribuição de partículas e características físico-químicas (umidade, solubilidade e higroscopicidade)	NA	NA
Estudo da estabilidade das micropartículas armazenadas em diferentes temperaturas	1	Obtenção do perfil de degradação dos compostos antioxidantes e melhor forma de armazenamento das micropartículas	NA	NA
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	1	Trabalhos elaborados para eventos científicos	-	02
Elaboração e submissão de artigos científicos	1	Artigo científico elaborado e submetido	-	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	01	-

Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	1	Apresentação oral	-	01
Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	-	01
Desenvolvimento e de metodologias analíticas para análise de cátions e ânions inorgânicos através da técnica de cromatografia de íons explorando a diálise (preparação de amostras <i>inline</i> ) voltadas para análise de efluentes industriais	4	Metodologias desenvolvidas e implementadas	01	01
Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção condutométrica para cátions e ânions inorgânicos	4	Metodologias desenvolvidas e implementadas	01	01
Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção amperométrica	4	Metodologias desenvolvidas e implementadas	NA	01
Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção UV-Vis	4	Metodologias desenvolvidas e implementadas	NA	01

Desenvolvimento e estabelecimento de metodologias experimentais através da técnica de cromatografia de íons com reação pós-coluna e detecção por UV-Vis	4	Metodologias desenvolvidas e implementadas	NA	01
Validação das metodologias analíticas implementadas através da técnica de cromatografia de íons	4	Validação das metodologias analíticas realizadas	01	01
Aplicação das metodologias validadas em amostras reais de efluentes industriais	4	Realização da aplicação em amostras de efluentes industriais	01	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	4	Relatórios elaborados	NA	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	4	Trabalhos elaborados para eventos científicos	NA	01
Elaboração e submissão de artigos científicos	4	Artigo científico elaborado e submetido	NA	01
Elaboração do relatório final do projeto	4	Relatório final do projeto	NA	01

NA – Não aplicável.

\* Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

Atividades	2022	2023

	Semestres			
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x	x	x	x
Treinamento operacional nos equipamentos		x		
Microencapsulação do extrato de umbu rico em compostos antioxidantes		x	x	
Caracterização das micropartículas		x	x	
Estudo da estabilidade das micropartículas em diferentes temperaturas			x	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos			x	x
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)		x		
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição				x
Elaboração do relatório final do projeto				x

## Objetivo específico 2

Atividades	2022		2023	
	Semestres			
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x	x	x	x
Treinamento operacional nos equipamentos		x		
Captação das amostras de sálvia botanicamente identificada e amostras comerciais		x		
Preparo e caracterização das infusões		x	x	
Estudo dos componentes voláteis nas infusões			x	

Hidrodestilação das amostras			x	
Caracterização química dos óleos essenciais			x	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos			x	x
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)		x		
Elaboração do relatório final do projeto				x

#### Objetivo específico 4

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte		x	x	
Planejamento das etapas experimentais		x	x	
Desenvolvimento e de metodologias analíticas para análise de cátions e ânions inorgânicos através da técnica de cromatografia de íons explorando a diálise (preparação de amostras <i>inline</i> ) voltadas para análise de efluentes industriais		x	x	
Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção condutométrica para cátions e ânions inorgânicos			x	
Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção amperométrica			x	

Desenvolvimento e de metodologias analíticas através da técnica de cromatografia de íons explorando a detecção UV-Vis			x	
Desenvolvimento e estabelecimento de metodologias experimentais através da técnica de cromatografia de íons com reação pós-coluna e detecção por UV-Vis			x	
Validação das metodologias analíticas implementadas através da técnica de cromatografia de íons			x	x
Aplicação das metodologias validadas em amostras reais de efluentes industriais				x
Elaboração de relatórios parciais (anual)				x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos				x
Elaboração e submissão de artigos científicos				x
Elaboração do relatório final do projeto				x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	-	01
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	-	01

Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	-	02
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	-	01
Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	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		02
Artigo científico submetido para publicação	4	Nº de artigos científicos submetidos	-	01
Artigo científico publicado	4	Nº de artigos científicos publicados	-	01
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	4	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	-	01

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Relevância para a sociedade: Redução do impacto ambiental e desenvolvimento de um pó rico em compostos antioxidantes como potencial substituto dos seus similares sintéticos*	1	-	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista  Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	01	05

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</p>	<p>1</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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>01</p>	<p>05</p>
<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>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/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>04</p>

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</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>04</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQAN/INT)</p>	<p>4</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p>	<p>-</p>	<p>02</p>
<p>Relevância para empresas e sociedade e meio ambiente.                  Geração de valor econômico, ambiental e social:                  desenvolvimento de metodologias analíticas validadas para caracterização de produtos possibilitando ainda o acompanhamento da produção de efluentes industriais *</p>	<p>4</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	4	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01	02
---	---	---	----	----

\*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.

### Membros da equipe:

#### Objetivo específico 1:

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami  
Alex Novo

#### Objetivo específico 2:

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami

#### Objetivo específico 4:

Laís Ferreira de Castro  
Alex de Aguiar Novo  
Arthur Santâna da Silva  
Cláudia Maria Luz Lapa Teixeira  
Bolsista PCI-DD

### Referências Bibliográficas

#### Objetivo específico 1

- [1] C. F. Zanatta and A. Z. Mercadante, "Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*)," *Food Chem.*, vol. 101, no. 4, pp. 1526–1532, 2007.
- [2] V. B. Oliveira, L. T. Yamada, C. W. Fagg, and M. G. L. Brandão, "Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds," *Food Res. Int.*, vol. 48, no. 1, pp. 170–179, 2012.
- [3] C. M. B. Omena *et al.*, "Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits.," *Food Res. Int.*, vol. 49, no. 1, pp. 334–344, 2012.
- [4] G. D. S. C. Borges, F. G. K. Vieira, C. Copetti, L. V. Gonzaga, and R. Fett, "Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology," *Food Res. Int.*, vol.

- 44, no. 3, pp. 708–715, 2011.
- [5] B. Chaudhary and K. Mukhopadhyay, “Solvent optimization for anthocyanin extraction from *Syzygium cumini* L. Skeels using response surface methodology,” *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 64, no. 3, pp. 363–71, 2013.
  - [6] E. S. de Brito, M. C. P. de Araújo, R. E. Alves, C. Carkeet, B. A. Clevidence, and J. A. Novotny, “Anthocyanins Present in Selected Tropical Fruits: Acerola, Jambolão, Jussara, and Guajiru,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no. 23, pp. 9389–9394, 2007.
  - [7] L. O. Ribeiro *et al.*, “Antioxidant Compounds Recovery from Juçara Residue by Thermal Assisted Extraction,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 1, pp. 68–73, Mar. 2018.
  - [8] K. Zhou, H. Wang, W. Mei, X. Li, Y. Luo, and H. Dai, “Antioxidant Activity of Papaya Seed Extracts,” *Molecules*, vol. 16, no. 8, pp. 6179–6192, 2011.
  - [9] M. L. Pérez-Chabela and A. M. Hernández-Alcántara, “Chapter 8 - Agroindustrial Coproducts as Sources of Novel Functional Ingredients,” in *Food Processing for Increased Quality and Consumption*, A. M. Grumezescu and A. M. Holban, Eds. Academic Press, 2018, pp. 219–250.
  - [10] L. C. M. Cunha *et al.*, “Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing,” *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 49, pp. 136–145, 2018.
  - [11] B. Gastaldi, G. Marino, Y. Assef, F. M. Silva Sofrás, C. A. N. Catalán, and S. B. González, “Nutraceutical Properties of Herbal Infusions from Six Native Plants of Argentine Patagonia,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 3, pp. 180–188, 2018.
  - [12] A. D. Meinhart, F. M. Damin, L. Caldeirão, T. F. F. da Silveira, J. T. Filho, and H. T. Godoy, “Chlorogenic acid isomer contents in 100 plants commercialized in Brazil,” *Food Res. Int.*, vol. 99, pp. 522–530, 2017.

#### 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.

#### Objetivo específico 4

- [1] Y. Xiong, Q. Wang, X. Li, S. Fang, e M. Duan, “Total Sulfur Dioxide Determination in Red Wine by Suppressed Ion Chromatography with In-Sample

- Oxidation and SPE”, *Chromatographia*, vol. 81, n° 7, p. 1003–1011, 2018.
- [2] R. Michalski, “Ion Chromatography Applications in Wastewater Analysis”, *Separations*, vol. 5, n° 1, p. 16, 2018.
- [3] Y. Bichsel e U. Von Gunten, “Determination of iodide and iodate by ion chromatography with postcolumn reaction and UV/visible detection”, *Anal. Chem.*, vol. 71, n° 1, p. 34–38, 1999.
- [4] A. F. Campos e R. J. Cassella, “Determination of acetate and formate in vegetable oils by ion chromatography after multivariate optimization of the extraction process using a Doehlert design”, *Food Chem.*, vol. 269, n° May, p. 252–257, 2018.

## **Projeto 9: Desenvolvimento de formulações farmacêuticas baseadas em HME**

### **Introdução**

A técnica Hot Melt Extrusion (HME) ou extrusão a quente de medicamentos se apresenta como o novo paradigma no desenvolvimento farmacêutico por permitir a viabilidade de diversos ingredientes farmacêuticos ativos com baixa solubilidade, ou seja, que possuem baixa biodisponibilidade.

Desde 2008, o INT vem atuando para desenvolver a técnica do processo HME no Brasil. Ao longo desta história de pesquisa, algumas questões foram observadas no que tange ao desenvolvimento de formulações de extrusados farmacêuticos, dentre as quais, podem ser citadas: análise reológica das misturas, estudos de fases amorfas e ordenação de segmentação das roscas da extrusora.

Portanto, pretende-se com este projeto otimizar o protocolo do estudo reológico até então desenvolvido para que ele fique mais preciso e rápido; além de sua validação em outros polímeros e sistemas de mistura diversos.

Serão estudadas otimizações nas formulações de Ritonavir, Praziquantel e Artesunato+Melfoquina, que atualmente se encontram em processo de desenvolvimento.

Além disso, se pretende criar um protocolo para a utilização da técnica de microscopia de força atômica (AFM), que tem sido reconhecida como uma técnica essencial para a caracterização de dispersões sólidas, para analisar os extrusados gerados.

### **Importância dos resultados para o Instituto de Pesquisa/Organização Social:**

Esse projeto é de grande importância para o INT, pois lida com doenças de interesse do governo federal e de extrema importância para a população, inclusive crianças, que sofre com a falta de tratamento adequado ou com a oferta limitada de medicamentos devido ao grande custo que esses representam ao Estado.

Assim, esse projeto pode fazer do INT uma instituição de destaque também na área da saúde, o que atrai investimentos e, principalmente, o interesse de mão de obra qualificada, o que só contribui para o crescimento do instituto.

### **Relevância do projeto para Sociedade:**

O projeto lida com doenças negligenciadas, ou seja, doenças que não despertam interesse nas grandes indústrias farmacêuticas pelo fato de não possuírem um grande retorno financeiro. Por isso, a população sofre com a ausência de tratamento adequado, inclusive crianças, que são as mais frágeis e que mais carecem de tratamento orientado. Além disso, o projeto também lida com medicamentos estratégicos no tratamento do vírus HIV, o que pode ofertar para a população uma maior oferta de medicamentos de qualidade no futuro.

### Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo geral o desenvolver de medicamentos à base de formulações farmacêuticas utilizando a tecnologia HME para os fármacos Ritonavir, Praziquantel e associação Artesunato+Mefloquina respectivamente.

### Objetivo Específico 1: Executar testes reológicos e teor para:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### Objetivo Específico 2: Executar a extrusão e caracterização física em DRX, MEV, DSC e AFM dos extrusados das seguintes misturas:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### Objetivo Específico 3: Executar moagem, misturas com excipientes, compressão e ensaios de perfil de dissolução e teor dos seguintes extrusados:

- Extrusado das misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Extrusado das misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Extrusado das misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### Objetivo Específico 4: Estudar a estabilidade e o estudo de produto de degradação das melhores formulações.

### Objetivo Específico 5: Estudar o escalamento das melhores formulações.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Graduado	Farmácia/Eng. Química/Química Industrial/Eng. Química	1	D-D	60	1

## Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Pesquisa bibliográfica	1, 2, 3 e 4	Relatório parcial do levantamento bibliográfico	1	2
Elaboração de protocolos experimentais em escala laboratorial	1, 2, 3 e 4	Relatório parcial dos protocolos experimentais	2	4
Execução de testes reológicos	1, 2 e 3	Relatório parcial da execução de testes reológicos e de extrusão das formulações	3	4
Estudo das formulações farmacêuticas propostas	3 e 4	Relatório parcial envolvendo o estudo das formulações farmacêuticas	4	8
Participação e apresentação de trabalhos em congressos nacionais e/ou internacionais	1, 2, 3 e 4	Divulgação científica e tecnológica	1	1
Elaboração de artigos técnico-científicos e/ou pedidos de depósito de patentes	1, 2, 3 e 4	Divulgação científica e tecnológica	1	1
Registro, análise e discussão de resultados experimentais das pesquisas técnico-científicas	4	Relatório final de atividades		1

## Cronograma de Atividades

**Atividade 1:** Revisar a bibliográfica voltada ao processo de encapsulação de diferentes fármacos, bem como as melhores formas de caracterizar as nanopartículas geradas. A pesquisa bibliográfica é extremamente relevante para o projeto, pois se trata de um assunto ainda com muito potencial a ser explorado, como a obtenção de nanopartículas carregadas com fármaco.

**Atividade 2:** Elaboração de protocolos experimentais para estudo de extrusão e caracterização física e química de extrusado das seguintes misturas:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

**Atividade 3:** Executar a moagem, mistura com excipientes e compressão dos extrusados das seguintes misturas e suas caracterizações físicas e químicas:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

**Atividade 4:** Avaliar perfil de dissolução de extrusados vs comprimidos, teor de comprimidos, estabilidade e produto de degradação das melhores formulações determinadas.

**Atividade 5:** Estudar o escalamento de todo o processo de obtenção das melhores formulações dentre os fármacos estudados

**Atividade 6:** Dossiê de desenvolvimento de formulação

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
1				
2				
3				
4	X	X		
5			X	
6				X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Relatório parcial do levantamento bibliográfico	1,2,3 e 4	Nº de relatórios parciais		
Relatório parcial dos protocolos experimentais	1,2,3 e 4	Nº de relatórios parciais	4	2
Relatório parcial dos testes reológicos e de extrusão	1	Nº de relatórios parciais	3	
Relatório parcial das formulações	3,4	Nº de relatórios parciais	1	1
Divulgação científica e	1,2,3 e 4	Nº de participações em eventos	1	1

tecnológica				
Artigos técnico-científicos	1,2,3 e 4	Nº de artigos submetidos	1	1
Pedidos de depósito de patentes	4	Nº de pedidos de patentes submetidos		3
Relatório final de atividades	1,2,3 e 4	Nº de relatórios finais de atividades		1

### Resultados Esperados

- 1 – Formulação de comprimido de Ritonavir
- 2 – Formulação de comprimido de Praziquantel
- 3 – Formulação de comprimido da associação Artesunato+Mefloquina
- 4 – Metodologia de análise física de solução sólida amorfa por AFM.
- 5 – Documentação validada para início de produção do lote piloto para registro
- 6 – Patente dos produtos

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022 Metas 2023	
1	5	Relatórios acumulativo anuais	1	
2	5	Relatórios acumulativo anuais	1	
3	5	Relatórios acumulativo anuais	1	
4	1	Relatórios de metodologia validada		
5	5	Dossiê de desenvolvimento		1
6	5	Pedido de patente		1

## **Projeto 10: Caracterização de materiais através de técnicas microscopia eletrônica de varredura (MEV/FEG/FIB) e de microanálise correlacionadas (EDS/EBSD)**

### **Introdução**

A microscopia eletrônica de varredura é uma ferramenta muito importante no âmbito da pesquisa focada em caracterização de materiais utilizados na indústria. O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é um equipamento que permite uma análise microestrutural mais aprofundada do que aquela que pode ser obtida com o uso de um microscópio ótico. Seu funcionamento baseia-se na emissão de elétrons, a partir de uma fonte, que pode ser um filamento de tungstênio ou um canhão de emissão de elétrons pela aplicação de um campo elétrico a partir de um canhão filamento ("Field Emission Gun": FEG: canhão de emissão por campo), de tal modo que esses elétrons primários colidem com a superfície de uma amostra, interagindo com a mesma. Como resultado desta interação são gerados diferentes tipos de sinais (elétrons secundários, elétrons retroespalhados e espectros de energia dispersiva de raios X), os quais são coletados, e, como consequência de uma varredura executada sobre uma determinada área da amostra, permitem a geração de imagens, com grande profundidade de campo, desta superfície, e também a determinação qualitativa da composição química da amostra e eventualmente também a análise cristalográfica. Mais recentemente desenvolveu-se a microscopia eletrônica de varredura com feixe de íons focalizados ("Focused Ions Beam"; FIB) como importante ferramenta para a análise de camadas e revestimentos em materiais.

Entre os resultados obtidos com o uso do MEV podem ser mencionados a geração e captura de imagens com resolução muito superior à do microscópio ótico, com aumentos de até 50.000 X (através dos elétrons secundários), imagens com contraste de fase (através dos elétrons retroespalhados), imagens fractográficas (a visualização de superfícies de fratura é beneficiada pela grande profundidade de campo), a determinação qualitativa dos elementos químicos presentes numa amostra (através dos espectros de energia dispersiva de raios X obtidos com uma microsonda, também conhecida como EDS ou EDX ("Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy": Espectroscopia Dispersiva de Energia de Raios X), e quantitativa por WDS ou WDX ("Wavelength Dispersive X-Ray Spectroscopy": Espectroscopia Dispersiva de Comprimentos de Onda de Raios X), assim como a análise cristalográfica por EBSD ("Electron Back Scattering Diffraction": Difração de Elétrons Retroespalhados), que permite a obtenção de dados sobre diferenciação de fases com diferentes estruturas cristalinas, determinação de planos/direções/texturas cristalográficas e de tamanho médio de cristais [1-3].

Como os conhecimentos sobre a microestrutura de materiais são fundamentais para compreender e melhorar as propriedades mecânicas destes, o uso do MEV e de suas técnicas correlatas tornou-se, há muito tempo, uma ferramenta de vital importância na análise e desenvolvimento de materiais, metálicos, poliméricos e cerâmicos para diferentes tipos de aplicações industriais, desde a indústria de petróleo e gás natural, até os implantes cirúrgicos ortopédicos, odontológicos e outros biomateriais.

Aços inoxidáveis são ligas à base de Fe-Cr ou Fe-Cr-Ni desenvolvidas desde as primeiras décadas do século XX com propriedades que conjugam basicamente excelente resistência à corrosão com boa resistência mecânica, com a finalidade de serem submetidas a diversos tipos de aplicações para as quais estes requisitos químicos e mecânicos são de fundamental importância [4-7].

De acordo com diversas fontes da literatura técnica especializada, os aços inoxidáveis são classificados inicialmente em alguns grandes grupos, de acordo com as

fases que predominam em sua microestrutura. Assim, esses aços são conhecidos como: ferríticos, austeníticos, martensíticos, duplex e endurecíveis por precipitação. E em cada grupo destes, os diferentes aços com diferentes teores de elementos de liga/composição química são designados por uma numeração de acordo com o sistema de classificação AISI-SAE estabelecido por essas associações técnicas: American Institute of Steel and Iron (AISI) e Society of American Engineers (SAE). Neste sistema, o aço inoxidável ferrítico contendo cerca de 17 % de cromo é conhecido como AISI-SAE 430 [3-4].

O aço inoxidável ferrítico 430 é usado em diversas aplicações: cunhagem de moedas, grades externas de aparelhos de ar condicionado, componentes de eletrodomésticos, adornos de automóveis, calhas, revestimento da câmara de combustão para motores diesel, equipamentos para fabricação de ácido nítrico, fixadores, aquecedores, portas para cofres, pias e cubas, baixelas, utensílios domésticos e revestimentos de elevadores, entre outras [5-6].

As amostras aço inox 430, em diferentes condições de tratamentos térmicos e termomecânicos, serão submetidas às análises de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS/EBSD) e ensaios de dureza na escala Vickers. Acredita-se que os resultados possam revelar modificações na microestrutura, associadas às diferentes condições de processamento, alterando suas propriedades e consequentemente afetando suas potenciais aplicações.

**Palavras-chave:** Aços inoxidáveis, Tratamentos térmicos e termomecânicos, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDS), Difração de Elétrons Retroespalhados (EBSD).

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como objetivo geral desenvolver metodologias para a caracterização do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430, em diferentes condições de processamento térmico/termomecânico, por obtenção de imagens por MEV/FEG/FIB e de dados de microanálise química e cristalográfica por EDS/WDS/EBSD.

**Objetivo Específico 1:** Realizar buscas em bases de periódicos sobre divulgação recente, sobre o emprego das técnicas de MEV/FEG/FIB e EDS/EBSD em geral e também para a caracterização da microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430, assim como sobre o processamento térmico/termomecânico desse aço.

**Objetivo Específico 2:** Realizar tratamentos térmicos/termomecânicos: laminação acumulada em 2 e 3 passes, à temperatura ambiente (30°C) e a 650°C e envelhecimento a 650°C por e 10 horas no aço inox 430: 4 amostras: L2P30, L3P650, L2P30E10 e L3P650E10.

**Objetivo Específico 3:** Caracterizar a microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430 nessas 4 condições por MEV (imagens), EDS e WDS (composição química) e EBSD (características cristalográficas).

**Objetivo Específico 4:** Realizar ensaios de dureza na escala Vickers (HV) com carga de 1, 5 ou 10 kgf.

**Objetivo Específico 5:** Registro e divulgação; Consolidar o conhecimento através de registro em relatórios intermediários e reuniões periódicas, abordando os resultados dos objetivos 1 a 4; Divulgar os resultados para a comunidade científica, por meio da

participação em eventos, submissão de artigos em periódicos, cursos e editais de fomentos à pesquisa.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Química e/ou Engenharia química, mecânica, de materiais e metalúrgica / Graduação	Física, Química, Engenharia Química, Mecânica, Metalúrgica e de Materiais	1 a 5	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Levantamento em bases de periódicos	1	Relatório contínuo sobre o levantamento bibliográfico	1	1
Realizar os tratamentos térmicos/termomecânicos descritos	2	Relatório apresentando a metodologia dos tratamentos térmicos	1	1
Caracterizar a microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430, nas condições descritas, por MEV (imagens), EDS e WDS (composição química) e EBSD (características cristalográficas).	3	Relatório apresentando as imagens de MEV, os espectros e mapas de EDS e os mapas de EBSD	1	1
Realizar ensaios de dureza na escala Vickers (HV) com carga de 1, 5 ou 10 kgf.	4	Relatório apresentando os resultados dos ensaios de dureza HV	1	1
Registro e divulgação.	5	Relatórios e artigos		1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Levantamento em bases de periódicos.	x	x	x	
Realizar os tratamentos térmicos/termomecânicos descritos.	x	x		
Caracterizar a microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430 por MEV (imagens), EDS e WDS (composição química) e EBSD (características cristalográficas).		x	x	x
Realizar ensaios de dureza na escala Vickers (HV) com carga de 1, 5 ou 10 kgf.		x	x	
Registro e divulgação.		x	x	x

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Levantamento em bases de periódicos	1	Número de relatórios entregues=3	1	1
Realização dos tratamentos térmicos/termomecânicos descritos no aço inox 430.	2	Número de relatórios entregues=1	1	1
Caracterização da microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430, nas condições descritas, por MEV (imagens), EDS e WDS (composição química) e EBSD (características cristalográficas).	3	Número de relatórios entregues=3	1	1
Realizar ensaios de dureza na escala Vickers (HV) com carga de 1, 5 ou 10 kgf.	4	Número de relatórios entregues=1		1
Registro e divulgação	5	Número de artigos submetidos=2		1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Caracterizar a microestrutura do aço inoxidável ferrítico AISI-SAE 430, nas condições descritas, por MEV (imagens), EDS e WDS (composição química) e EBSD (características cristalográficas).	1 a 4	a) Relatório parcial; b) Relatório final;	x	x
Capacitação do Bolsista e transferência de conhecimento para a Instituição	5	Participação em workshop de competência internas (WCI) e no seminário Interno de Avaliação dos Bolsistas PCI.		x
Visibilidade nacional, internacional e network científico	5	Participação em congressos nacionais e/ou internacionais e/ou em coautoria de artigos submetidos para periódicos		x

## Referências Bibliográficas

[1] - W.A. Mannheimer, Microscopia dos Materiais, E-Papers, Rio de Janeiro, 2002, 221 p.

[2] - J. Goldstein et al., Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, Springer, New York, 2003, 690 p.

[3] - A. J. Schwartz, M. Kumar, B.L. Adams, Electron Backscatter Diffraction in Materials Science, Kluwer, New York, 2000, 339 p.

[4] - L. Colombier; J. Hochmann, Aciers Inoxydables - Aciers Réfractaires, Dunod, Paris, 12<sup>ème</sup> édition, 1965, 619 p.

[5] - André Luiz V. Costa e Silva e Paulo Roberto Mei, Aços e Ligas Especiais, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2<sup>a</sup> edição, 2006, 646 p.

[6] - ASM Handbook volume 1, properties and Selection: Irons, Steels and High performance Alloys, ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 1990, 6th printing 2001, 1063 p.



[7] - Vicente Chiaverini, Aços e Ferros Fundidos , ABM (Associação Brasileira de Metais), São Paulo, 6ª edição, 1988, 576 p.

## **Projeto 11: Estudo de nova metodologia de diagnóstico e controle da biocorrosão através de técnicas de biologia molecular**

### **Introdução**

Anualmente são gastos bilhões de dólares no mundo para reposição de estruturas industriais, equipamentos e instalações que apresentaram falhas prematuras associadas à corrosão, incluindo a biocorrosão, ou que alcançaram o final de sua vida útil. Estima-se que só na indústria do petróleo, aproximadamente 40% da corrosão interna de dutos seja atribuída à corrosão induzida microbiologicamente (CIM) (Zhu, *et al.*, 2003). A CIM, ou biocorrosão, se distinguirá da eletroquímica por possuir os microrganismos influenciando os processos, seja pela ação de seus metabólitos agressivos, pelo processo de despolarização catódica ou pela criação de áreas de aeração diferencial causada pelo consumo desigual de oxigênio, em função da presença de células microbianas e produtos fortemente aderidos à superfície, os biofilmes.

A corrosão microbiológica pode causar danos às indústrias químicas, petroquímicas, civil, naval, alimentícias, entre outras. Como exemplo da ação da biocorrosão em tubulações destacamos a redução na velocidade de escoamento dos fluidos, decorrente do processo de incrustação nas paredes dos dutos, perda de produtos, através de vazamentos gerados pela corrosão gerando impacto ao meio ambiente e acarretando problemas como a perda da eficiência de equipamentos.

Destacamos 3 grupos microbianos importantes para a CIM: as bactérias redutoras de sulfato (BRS) são, em geral, consideradas as mais comuns nos processos de CIM. As BRS são bactérias anaeróbicas que utilizam o sulfato como aceptor final de elétrons e substâncias orgânicas como fonte de carbono para o seu metabolismo. Outro grupo igualmente importante envolvido em processos de biocorrosão são as ferrobactérias. Esses microrganismos são aeróbios e obtêm a energia necessária ao seu metabolismo a partir da oxidação do íon ferroso a férrico. Em decorrência desse processo de oxidação, há a formação de hidróxidos de ferro, que por serem em geral insolúveis, precipitam sobre as superfícies, possibilitando a corrosão por aeração diferencial. Um grupo microbiano também envolvido nos processos de CIM é o das bactérias produtoras de ácido. Essas bactérias são capazes de excretar ácidos orgânicos como ácido acético, fórmico, láctico como produtos do seu metabolismo. Esses ácidos apresentam dois papéis na CIM: atuam diretamente sobre as superfícies metálicas corroendo-as; e servem como fonte de energia para outros grupos microbianos como as BRS (Videla, 2003).

A detecção e a quantificação de microrganismos em amostras naturais e industriais são tradicionalmente baseadas no cultivo de bactérias, como nas técnicas do número mais provável (NMP) e das unidades formadoras de colônia (UFC). No entanto, o crescimento lento e estritamente anaeróbico das BRS dificulta a detecção e o isolamento destes microrganismos em meios de cultura. O cultivo de BRS necessita de um longo período de incubação (28 dias) para a obtenção dos resultados. Em alguns casos, como nas indústrias do setor de óleo e gás, o tempo prolongado para a detecção dos microrganismos retarda as ações preventivas e corretivas agravando o processo corrosivo.

Além de necessitar de um período de incubação, o cultivo de microrganismos em laboratório não reflete as reais condições do ambiente, apenas uma minoria das bactérias é capaz de crescer em meios de cultivo. Técnicas que utilizam o cultivo subestimam a complexidade das comunidades microbianas.

Para contornar as desvantagens do cultivo, técnicas biomoleculares têm sido empregadas para caracterizar comunidades bacterianas, geralmente baseadas na seqüência do gene codificador de rRNA 16S.

Para um melhor diagnóstico dos processos corrosivos provocados pelos microrganismos, é fundamental a interpretação do conjunto dos resultados obtidos através das técnicas tradicionais, biomoleculares e microscópicas. Todos os objetivos específicos que serão apresentados visam uma melhor compreensão do fenômeno da biocorrosão e estão inter-relacionados. Com este projeto esperamos dar respostas mais rápidas e mais precisas para as indústrias afetadas com o fenômeno da biocorrosão.

Palavras-chave: Biocorrosão, novas técnicas de diagnóstico, biologia molecular

### Objetivo Geral

Desenvolver uma nova metodologia para a avaliação e o controle do fenômeno da biocorrosão em superfícies metálicas através de técnicas biomoleculares

**Objetivo Específico 1:** Estudar a relação entre a quantificação de Bactérias redutoras de sulfato por qPCR (metodologia biomolecular) e o método convencional de contagem através da técnica do Número Mais Provável, para o biomonitoramento deste grupo bacteriano.

**Objetivo Específico 3:** Estudo da relação quantitativa entre as BRS, ferrobactérias e bactérias produtoras de ácidos em fluidos e nos biofilmes formados sobre as superfícies de diferentes ligas metálicas.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Biologia ou Microbiologia ou Engenharia química ou Oceanografia /Doutorado	Microbiologia/biologia molecular/biocorrosão	1	D-A	60	1
Biologia ou Microbiologia ou Engenharia química ou Oceanografia /Mestrado	Microbiologia/biologia molecular/biocorrosão	3	D-B	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Revisão Bibliográfica	1 e 3	Relatório	1	1
Obtenção de amostras para os estudos. As amostras devem ser renovadas a cada ano	1	Relatório de resultados	2	2
Desenvolvimento de protocolos de extração de DNA para as análises de biologia molecular	1	Relatório de resultados	2	2
Quantificação de BRS nas diferentes amostras coletadas por contagem através do Número Mais Provável (NMP) para comparação com os resultados de biologia molecular	1	Relatório de resultados	2	2
Quantificação de BRS nas diferentes amostras coletadas por técnica de biologia molecular (qPCR) para comparação com os resultados da contagem do Número Mais Provável (NMP)	1	Relatório de resultados	2	2
Avaliação comparativa entre a contagem do NMP e qPCR em amostras contendo BRS	1	Relatórios de resultados	2	2
Obtenção de amostras com diferentes características físico-químicas a serem utilizadas para os estudos de correlação entre os grupos microbianos de interesse para a biocorrosão	3	Relatórios de resultados	2	2
Identificação dos microrganismos isolados nas amostras coletadas	3	Relatórios de resultados	2	2
Análise quantitativa dos grupos microbianos de interesse para a biocorrosão nas diferentes amostras	3	Relatórios de resultados	2	2
Estudos em laboratório da formação de biofilmes em condições estáticas e/ou dinâmicas de fluxo a fim de obter a correlação quantitativa entre os grupos microbianos de interesse para a biocorrosão	3	Relatórios de resultados	2	2

Correlação dos resultados obtidos dos estudos da formação de biofilmes	3	Relatório de resultados	2	2
--	---	-------------------------	---	---

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Revisão Bibliográfica	x	x	x	x
Obtenção de amostras para os estudos. As amostras devem ser renovadas a cada ano	x	x	x	x
Desenvolvimento de protocolos de extração de DNA para as análises de biologia molecular	x		x	
Quantificação de BRS nas diferentes amostras coletadas por contagem do Número Mais Provável (NMP) para comparação com os resultados de biologia molecular	x	x	x	x
Quantificação de BRS nas diferentes amostras coletadas por técnica de biologia molecular (qPCR) para comparação com os resultados da contagem do Número Mais Provável (NMP)	x	x	x	x
Avaliação comparativa entre a contagem do NMP e qPCR em amostras contendo BRS			x	x
Obtenção de amostras com diferentes características físico-químicas a serem utilizadas para os estudos de correlação entre os grupos microbianos de interesse para a biocorrosão	x		x	
Identificação dos microrganismos isolados nas amostras coletadas		x		x
Análise quantitativa dos grupos microbianos de interesse para a biocorrosão nas diferentes amostras	x	x	x	x
Estudos em laboratório da formação de biofilmes em condições estáticas e/ou dinâmicas de fluxo a fim de obter a correlação quantitativa entre os grupos microbianos de interesse para a biocorrosão	x	x	x	x
Correlação dos resultados obtidos dos estudos da formação de biofilmes			x	x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores*	Metas	
			2022	2023
Correlação entre a microbiologia clássica e a biologia molecular para contagem de BRS	1	Artigo		1
Análise correlativa entre os 3 principais grupos microbianos causadores da biocorrosão nos fluidos e biofilmes	3	Artigo		1

\*Anais de Congresso, Revistas Científicas.

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Compreensão do fenômeno da biocorrosão através de técnicas biomoleculares	1	Relatórios	1	1
Compreensão qualitativa e quantitativa do perfil microbiano em diferentes condições experimentais	3	Relatórios	1	1
Comprometimento do bolsista com os objetivos e resultados	1 e 3	Avaliação interna do laboratório	1	1
Conhecimento do bolsista no tema desenvolvido	1 e 3	Avaliação interna do laboratório	1	1

## Referências bibliográficas

- Liengen, T., Féron, D., Bassegui, R. and Beech, Ib – 2014- Understanding Biocorrosion – Fundamentals and Application. Elsevir. European Federation of Corrosion
- Videla, H. A. 1988 – Corrosion microbiológica y biofouling. Um nuevo desafio para los tratamientos de águas industriais. Corrosion/Protection
- Torres, E.S. 2001 – Cinética de parâmetros microbiológicos na formação de biofilmes. Tese de Mestrado. Escola de Química – UFRJ. Programa EQ – ANP.
- Hubert, C. 2010. Microbial ecology of oil reservoir souring and its control by nitrate injection. *In: Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology.* K.N. Timmis (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 2753-2766



- Galvão, M. & Lutterbach, M. 2014. Application of the qPCR technique for SRB quantification in samples from oil and gas industries. *In: Applications of Molecular Microbiological Methods*. T.L. Skovhus, S.M. Caffrey, C.R.J. Hubert. Caister Academic Press. No

Equipe: Walter Barreiro Cravo Junior  
Maurício Magalhães de Paiva

## **Projeto 12: Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva para a Escola Inclusiva**

### **Introdução**

Este projeto envolve as linhas de pesquisa “Tecnologia de Educação e Saúde para Escola Inclusiva” e “Inteligência Computacional e Automação” da Divisão de Design Industrial, que, considerando as diretrizes estratégicas do INT, busca o desenvolvimento Tecnológico para Inovação. Tem como missão favorecer a Inclusão Social, tendo como área de aplicação as Redes Públicas de Ensino, tratando-se de temas como Gestão Estratégica, Sistemas de Informação, Tecnologia Assistiva, Tecnologia Educacional, Tecnologia Social, Mecatrônica, Tecnologias de Informação e Comunicação, Gestão do Conhecimento e Popularização da Ciência.

A atuação do INT, através do Núcleo de Tecnologia Assistiva, converge com a busca de melhoria da qualidade de vida da população. Esse núcleo foi formalizado em 2012, quando o MCTI apoiou a estruturação de núcleos de Pesquisa e Desenvolvimento de equipamentos para pessoas com deficiência em Universidades e Institutos de Ciência e Tecnologia do País. Nesse contexto, o INT passou a desenvolver produtos tecnológicos para inclusão da pessoa com deficiência, caracterizados como Tecnologia Assistiva e Educacional, com registro de propriedade industrial propiciando o licenciamento para que as indústrias possam explorar as respectivas patentes e oferecer no mercado as tecnologias produzidas disponibilizando esses materiais para a escola inclusiva e capacitando de forma mais ampla profissionais de educação na utilização dos materiais desenvolvidos.

Vale ressaltar que as tecnologias necessárias para inclusão da pessoa com deficiência não estão disponíveis em nosso mercado interno e alcançam preço elevado, impedindo que a maioria da população possa fazer uso. Esta carência de recursos assistivos pode ser superada pelas pesquisas científicas e tecnológicas, bem como a posterior transferência de resultados para as indústrias de forma a ampliar a oferta de soluções que possam apoiar a vida diária da pessoa com deficiência, independente da sua condição socioeconômica. Nesse sentido, busca-se (i) ampliar a oferta e reutilização de soluções tecnológicas para apoio à Escola Inclusiva, aumentando o nível de atendimento às normas de acessibilidade, e (ii) colaborar com a democratização do ensino público inclusivo através do desenvolvimento e uso de produtos tecnológicos de baixo custo e alto impacto.

Sendo assim, o objetivo geral do presente projeto é fornecer tecnologia assistiva para aprendizagem e autonomia da pessoa com deficiência. Considera-se para definição desse objetivo o atendimento das demandas da Sociedade a partir dos conhecimentos da presente equipe e parcerias. Avalia-se, também, a viabilidade, diferenciação, e a capacidade de acumular e alcançar o domínio do conhecimento, o impacto da inovação, capacidade de atualização da tecnologia, e a possibilidade de transferência de tecnologia para indústria e Sociedade.

Nesse contexto, o Laboratório de Automação, que está sendo estruturado como desdobramento de ações de Núcleo de Tecnologia Assistiva, representa um espaço de trabalho para o desenvolvimento da equipe nas seguintes áreas de competência: computação, desenho industrial, ciência e tecnologia de materiais, engenharia de produção, mecânica e automação, dentre outras. Trata-se de um ambiente de trabalho que envolve modelagem tridimensional com ferramentas CAD, tecnologia de materiais, eletrônica, mecânica e computação como áreas fundamentais de conhecimento.

Alguns dos resultados do Laboratório até agora são: o SIGESC Web - tecnologia de gestão para instituição de ensino; o SIGESC AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem Cooperativa; o Mural Eletrônico Acessível com Módulo Braille

Dinâmico; o Braço Robótico; a Plataforma de Tratamento de Sinais; os materiais com memória de forma; o Cálculo para biodinâmica; e os kits didáticos. Além disso, foram desenvolvidos produtos e equipamentos laboratoriais para outros fins e parcerias interinstitucionais e intrainstitucionais além de pesquisas com atuadores eletromecânicos, músculos artificiais, sensores e inteligência computacional voltadas para a construção de produtos para a saúde, a educação, laboratórios e indústrias. O estudo de novas tecnologias aplicadas a dispositivos eletrônicos, um dos focos do Laboratório, reporta o uso de materiais denominados polímeros eletroativos. Essa classe de materiais alcança áreas de sensores, microrrobótica, atuadores, dentre outros. O potencial desses materiais tem motivado seu emprego em diferentes áreas, sendo promissor seu uso em tecnologia assistiva. (DOMINGUES et al., 2016).

Tendo em vista a diversidade de projetos desenvolvidos no Laboratório, foi empregado o *Balanced Scorecard*, sistema de gestão estratégica que possibilita a implementação, esclarecimento, compartilhamento e gerenciamento da estratégia (KAPLAN, NORTON, 2004) como método estruturante do seu portfólio de projetos. Futuramente, pretende-se que o Laboratório seja também um espaço para promoção da capacitação e empregabilidade da Pessoa com deficiência, servindo tanto para o desenvolvimento de tecnologia assistiva como para aplicações industriais, laboratoriais, acadêmicas e assistiva/social/educacional, com consequente transferência do conhecimento e empreendedorismo.

Vale ressaltar que o emprego dos produtos e conhecimentos resultantes desse Projeto deve ser estimulado para alcançar uma escala nacional. Como visão estratégica busca-se estar apto a oferecer ampla gama de soluções tecnológicas para inclusão com o maior nível de inovação e maturidade (MANKINS, 2018). Destaca-se a relevância atribuída à inovação pela "criação de uma sociedade voltada ao conhecimento" e por constituir-se "a base da competitividade de economias desenvolvidas, tornando os padrões de vida mais elevados e possibilitando uma continuidade no financiamento da área de pesquisa e desenvolvimento" (ROSA et al., 2018). Nesse contexto, tem-se como missão colaborar com a inclusão e a eliminação da pobreza conforme os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), dentre os quais, para atuação da equipe desse projeto, foram destacados: (i) Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos; (ii) Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo; e (iii) Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

**Palavras-chave:** Tecnologia Assistiva, Polímeros Eletroativos, Atuadores

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral do presente projeto é fornecer tecnologia assistiva para aprendizagem e autonomia da pessoa com deficiência. Esse objetivo é desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

**Objetivo Específico 1:** Desenvolver pesquisa com polímeros eletroativos e aplicação no desenvolvimento de tecnologia assistiva, incluindo estudo de relevo dinâmico e sensibilidade ao toque para atendimento das necessidades de comunicação para cegos e surdocegos, bem como, apoiar os profissionais/professores que trabalham com pessoas com deficiência. Servirá como tecnologia para estimulação, reabilitação e comunicação da pessoa com deficiência, dando suporte às políticas públicas de inclusão da pessoa com deficiência.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolver pesquisa de Inteligência Computacional para o processamento de sinais humanos e ambientais integrados a atuadores aplicados a tecnologias assistivas, para estimular, avaliar e ampliar possibilidades para pessoas com deficiências (e.g., motora, visual, auditiva, intelectual, paralisia cerebral), pelo uso de métodos quantitativos, Inteligência Computacional, sensores, atuadores, eletromiografia, apoiando o movimento, força, coordenação motora, bem como a sensibilidade/tato para melhoria da qualidade de vida e autonomia.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Doutorado em Tecnologia de Materiais	Tecnologia de Materiais ou áreas correlatas	1	D-A	60	1
Graduado em Engenharia de Controle e Automação ou Engenharia Eletrônica ou área afim	Engenharia de Controle ou áreas correlatas	1	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Redigir e submeter artigos em fóruns científicos	1,2	Artigo Submetido	x	x
Redigir e submeter artigos para revistas científicas indexadas	1,2	Artigo Submetido		x
Depositar registro de propriedade intelectual	1,2	Doc. Protocolo		x
Preparar transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	1,2	Contrato		x
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	1	Relatório/ Artigo	x	
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	1,2	Protótipo	x	
Desenvolvimento de Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	1,2	Protótipo	x	
Desenvolvimento de Célula Braille com base em polímero eletroativo	1,2	Protótipo		x
Estudo de força do atuador polimérico	1,2	Protótipo		x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	1,2	Protótipo		x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	1,2	Protótipo	x	x

Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	1,2	Protótipo	x	x
Desenvolvimento de Nova Versão do Mural Eletrônico Acessível com Módulo Braille Dinâmico	1,2	Protótipo	x	x
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica	1,2	Relatório/ Protótipo		x
Desenvolvimento de Plataforma de Tratamento de Sinais Corporais e Ambientais	2	Protótipo	x	x
Desenvolvimento de Objetos Pedagógicos para Pessoa com Autismo, Deficiência Motora, Paralisia Cerebral (objetos concretos, aplicativos móveis, plataforma web e conteúdo EAD).	1,2	Protótipo	x	x

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre		
	2022	2023	
	2	1	2
Redigir e submeter artigos em fóruns científicos	x		x
Redigir e submeter artigos para revistas científicas indexadas			x
Depositar registro de propriedade intelectual			x
Preparar transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos			x
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	x		
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	x		
Desenvolvimento de Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	x		
Desenvolvimento de Célula Braille com base em polímero eletroativo		x	x
Estudo de força do atuador polimérico		x	x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico		x	x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	x		
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	x	x	x
Desenvolvimento de Nova Versão do Mural Eletrônico Acessível com Módulo Braille Dinâmico	x	x	x
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica		x	x
Desenvolvimento de Plataforma de Tratamento de Sinais Corporais e Ambientais	x	x	x
Desenvolvimento de Objetos Pedagógicos para Pessoa com Autismo, Deficiência Motora, Paralisia Cerebral (objetos concretos, aplicativos móveis, plataforma web e conteúdo EAD).	x	x	x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores *	Metas	
			2022	2023
Artigos redigidos e submetidos em fóruns científicos	1,2	Artigo Submetido	1	1
Artigos redigidos e submetidos para revistas científicas indexadas				1
Registro de propriedade intelectual	1,2	Doc. Protocolo		1
Transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	1,2	Contrato		1
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	1	Relatório/Artigo	1	
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	1,2	Protótipo	1	
Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	1,2	Protótipo	1	
Célula Braille com base em polímero eletroativo	1,2	Protótipo	1	
Estudo de força do atuador polimérico	1,2	Protótipo		1
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	1,2	Protótipo		1
Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	1,2	Protótipo		1
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	1,2	Protótipo		1
Nova Versão do Mural Eletrônico Acessível com Módulo Braille Dinâmico	1,2	Protótipo		1
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica	1,2	Relatório/Protótipo	1	1
Plataforma de Tratamento de Sinais Corporais e Ambientais	2	Protótipo	1	1
Objetos Pedagógicos para Pessoa com Autismo, Deficiência Motora, Paralisia Cerebral (objetos concretos, aplicativos móveis, plataforma web e conteúdo EAD).	1,2	Protótipo	1	1

\* Considerar para os produtos desenvolvidos: Protocolo de registro de propriedade intelectual; Artigos redigidos e submetidos em fóruns científicos e em revistas científicas indexadas; Contrato de transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos.

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Ampliar a oferta e reutilização de soluções tecnológicas para apoio à Escola Inclusiva	1,2	Produto	3	2
Maior capacitação de equipe com atividade interdisciplinar de desenvolvimento tecnológico	1,2	Projetos apresentados em eventos	2	2
Promoção da inovação e empreendedorismo no desenvolvimento, produção e ensino	1,2	Atividade empreendedora	2	2
Formação parcerias nacionais e internacionais em redes colaborativas	1,2	Parceria (em projetos e acordos de cooperação)	1	1

## Referências Bibliográficas

BAR-COHEN, Yoseph. Electroactive polymers for refreshable Braille displays. Sensing & Measurement. Sep 2009. SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.1200909.1738

BRASIL. LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm)> Acesso em: 10 Ago. 2018.

DOMÍNGUEZ, R. P; BENÍTEZ, A. M. V; VÉLEZ, J. C. R; HAUTEFEUILLE, M; ARÉVALO, F.S; CORDERO, J.H. Photothermal Effects and Applications of Polydimethylsiloxane Membranes with Carbon Nanoparticles. Polymers, V.8, n.84, 2016.

KAPLAN, R.S., NORTON, D.P., 2004, Kaplan e Norton na Prática. 3.a reimpressão, Rio de Janeiro, Elsevier.

MANKINS, John C., Technology Readiness Levels: A White Paper. NASA, 1995. Disponível em <[http://origins.sese.asu.edu/ses405/Additional%20Reading/Mankins\\_trl.pdf](http://origins.sese.asu.edu/ses405/Additional%20Reading/Mankins_trl.pdf)> Acesso em: 13 Ago. 2018.

Organização das Nações Unidas (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 13 Ago. 2018.

ROSA, J. P.; ROSA, S.S.; ANTONIOLLI, P.D. A estratégia da inovação, a chave para o desenvolvimento: uma comparação entre a realidade brasileira e americana. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v.10, n.19, p. 157-176, 2018.

**Projeto 13:** 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.

#### 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
Graduado em Engenharias, Desenho Industrial, Estatística, Ciência da Computação ou áreas afins	Desejável experiência em fabricação digital e/ou digitalização tridimensional	1, 4, 5 e 6	DA	60	1
Graduado em Engenharias, Desenho Industrial, Estatística, Ciência da Computação ou áreas afins	Desenvolvimento de metodologias e métodos para caracterização antropométrica do corpo humano utilizando tecnologia de digitalização a laser e câmeras CCD	1, 4, 5 e 6	DC	60	1
Graduado em Engenharias, Desenho Industrial, Estatística, Ciência da Computação ou	Desejável experiência em fabricação digital e/ou digitalização tridimensional ou Desejável experiência em	1, 2, 3 e 6	DD	60	1

áreas afins	projeto e desenvolvimento de software				
-------------	---------------------------------------	--	--	--	--

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
4 - Estudar os métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e cálculo de medidas	3	Relatórios contendo os estudos realizados	1	
6 – Otimizar a produção de modelos humanos digitais 3D	4	Relatórios contendo métodos e testes desenvolvidos	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	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		
	2022	2023	
	2	1	2
4 - Estudar os métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e cálculo de medidas	X		
6 – Otimizar a produção de modelos humanos digitais 3D	X		
7 – Desenvolver módulo de apoio para visualizar, analisar e manipular modelos humanos digitais 3D	X		
8 - Observar e sistematizar experiências de testes e uso do SOOMA	X		
9 – Consolidar e priorizar aprimoramentos do SOOMA com base nas observações realizadas	X	X	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Algoritmos desenvolvidos e implementados no <i>software</i> SOOMA/Marcos Anatômicos	1,2,3,4	Códigos descritos	1	
Instruções de implementação e de uso do <i>software</i>	1,2,4,5,6	Manuais de implementação e de uso do <i>software</i>	1	1
Registro do <i>software</i> SOOMA/Marcos Anatômicos	6	Registro do <i>software</i>		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.bodysize.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	
			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
Disponibilização de ferramenta computacional	1,2,3,4,5 e 6	Uso da ferramenta por pesquisadores e profissionais da área de saúde e projeto	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](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: Thatiane dos Santos Lopes

**Projeto 14:** O estudo do movimento aplicado na análise biomecânica e funcional de praticantes de atividade física, esporte social, envelhecimento, atletas de alta performance e na usabilidade de produtos na prática da atividade física e de trabalho e em tecnologia assistiva

### **Introdução**

Atualmente a integração do conhecimento científico advindo da análise biomecânica vem encontrando grandes desafios nas mais diversas áreas de conhecimento. Há ausência de evidências concretas acerca da utilização, que os profissionais de Educação Física ou mesmo da área de saúde e de projeto fazem dos conhecimentos científicos advindos da Biomecânica na sua prática diária de trabalho e no desenvolvimento de produtos e serviços. Outra questão importante a ser salientada é a cooperação e integração do projeto social desenvolvido pelo Instituto Mangueira do Futuro em parceria com o Instituto Nacional de Tecnologia, o que possibilitou no ano de 2017, que fosse instalado na sede da Vila Olímpica da Mangueira, o CEMOV – Centro de Estudo do movimento – laboratório de biomecânica, com tecnologias de captura e análise do movimento 3D de última geração para serem aplicados nas diferentes áreas de atuação do Instituto Mangueira do futuro e do INT, como desporto, atividades físicas para idosos e pessoas com deficiência e usuários de produtos em geral. Também salientamos que o INT mantém um dos Núcleos de Tecnologia Assistiva do MCTI, no âmbito do programa **Viver Sem Limites**, do governo federal. O Núcleo de Tecnologia Assistiva do INT – NuTA - tem por objetivo o desenvolvimento de tecnologias para atender as necessidades de pessoas com deficiência, em três linhas: Mobilidade e Esporte, Educação Inclusiva e Articulação. Atualmente a coordenadora e servidora do INT Carla Guimarães coordena um projeto de pesquisa com auxílio da FAPERJ e participa como colaboradora em projeto desenvolvido com idosos pelo IPUB/UFRJ

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral é desenvolver e aplicar tecnologias 3D utilizadas pela Biomecânica a fim de colaborar com o aprimoramento de modalidades esportivas, estudos do envelhecimento, trabalho, tecnologia assistiva e usabilidade, cada qual em sua necessidade e especificidade.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolver metodologias de análise Biomecânica aplicada a cada grupo ou produto analisado utilizando-se das tecnologias presentes no CEMOV;

**Objetivo Específico 2:** Analisar biomecanicamente movimentos de diferentes esportes convencionais e paraolímpicos e acompanhar a evolução dos movimentos conforme os atletas progridem nas categorias de base (iniciando pelo basquete já que a modalidade é exponencial na Vila Olímpica da Mangueira);

**Objetivo Específico 3:** Analisar biomecanicamente movimentos de diferentes práticas vinculadas ao envelhecimento e acompanhar a evolução do declínio motor nos próximos anos (parceria com o IPUB/UFRJ no projeto de biomarcadores motores ligados a transtorno cognitivos em idosos, sendo este um projeto de acompanhamento em 4 anos com avaliações anuais);

**Objetivo Específico 4:** Auxiliar no estudo da usabilidade através de análise Biomecânica aplicada a produtos ou usuários de produtos analisados (como exemplo

auxiliar do estudo da usabilidade de andadores em desenvolvimento pela DIDIN/INT e usabilidade da cadeira de rodas utilizadas por atletas paraolímpicos);

**Objetivo Específico 5:** Capacitar profissionais para o uso das tecnologias disponíveis no CEMOV (dessa forma tem-se maior auxílio e torna-se disponível a mais grupos a utilização dos equipamentos);

**Objetivo Específico 6:** Capacitar profissionais para o uso das tecnologias disponíveis no CEMOV (dessa forma tem-se maior auxílio e torna-se disponível a mais grupos a utilização dos equipamentos);

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Obj Esp	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
graduado em Educação Física, Fisioterapia, Física ou engenharia, com mestrado em biomecânica ou eng. Biomédica.	Educação Física	1	DB	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de execução ligadas aos Objetivos Específicos 2, 3 e 4 são atividades de acompanhamento anual e, portanto, acontecerão em todo o período do projeto (sendo as avaliações divididas em inicial, de acompanhamento 1, 2 e 3 e final).

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
21 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	
22 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	3	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	

23 – Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	
24 - Processamento dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
25 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	3	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
26 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
27 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
28 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	3	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
29 – Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
30 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo os resultados encontrados		X
31 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	3	Relatórios contendo os resultados encontrados		X

32 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo os resultados encontrados		X
33 - Propor e desenvolver metodologias de análise de produtos para esporte paraolímpico e tecnologia assistiva	4	Relatórios contendo as metodologias desenvolvidas		X
34 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos atletas	6	Sistema 3D disponível para computadores e celulares		X
35 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos idosos	6	Sistema 3D disponível para computadores e celulares		X

### Cronograma de Atividades

Atividades	2022		2023	
	2	1	2	
21 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	X			
22 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	X			
23 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	X			
24 - Processamento dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	X			
25 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	X			
26 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	X			
27 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas		X		
28 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos		X		
29 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos		X		
30 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas				X
31 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos				X
32 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos				X
33 - Propor e desenvolver metodologias de análise de produtos para esporte paraolímpico e tecnologia assistiva				X

34 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos atletas		X	X
35 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos idosos		X	X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Artigo descrevendo e comparando os resultados dos atletas	1, 2	Publicação do artigo		X
Capacitação de pesquisadores e alunos	5	Manual do curso de capacitação para cerca de 50 pessoas		
Desenvolvimento de produtos em tecnologia assistiva	1, 4, 6	Desenhos 3D esquemáticos	X	
Desenvolvimento de produtos em esporte paraolímpico	4	Desenhos 3D esquemáticos	X	
Sistemas interativos 3D aplicado ao esporte	1, 2, 6	Publicação de artigo sobre o desenvolvimento do sistema		X
Sistemas interativos 3D aplicado ao envelhecimento	1, 3, 6	Publicação de artigo sobre o desenvolvimento do sistema e sobre o desempenho dos participantes		X

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Capacitação dos pesquisadores e alunos	5	Uso adequado das tecnologias presentes no CEMOV pelos participantes da capacitação	X	X
Diagnostico inicial das metodologias e produtos de tecnologia assistiva e envelhecimento	1, 4	Uso dos resultados para melhorias nos equipamentos de tecnologia assistiva	X	
Diagnostico inicial das metodologias e dados de atletas paraolímpicos	1, 2, 4	Uso das informações pela equipe técnica e atletas	X	
Disponibilização do sistema interativo 3D aos treinadores e atletas	1, 2, 6	Uso da ferramenta pela equipe técnica e atletas		X
Disponibilização do Sistema interativo 3D aos profissionais que lidam com o envelhecimento	1, 3, 6	Uso da ferramenta pela equipe multidisciplinar que atua com envelhecimento		X

## Referências Bibliográficas

[1- GUIMARÃES, C. P.](#); LAMOSA, J. L. ; OLIVEIRA, M. R. ; SILVA, M. H. G. E. . Metodologia de projeto ergonômico aplicada ao desenvolvimento de bancos de arremesso de atletas paralímpicos - dx.doi.org/10.14571/brajets.v11.n1, v. 11, p. 37-48, 2018.

- 2 - [GUIMARAES, C.P.](#); GL, CID . Caregivers and Old People - Digital Platform for Education and Training. JOURNAL OF COMMUNITY MEDICINE & HEALTH EDUCATION, v. 6, p. 1-5, 2016.
- 3 - [GUIMARAES, C.P.](#); BALBIO, V. ; CID, G. ; ZAMBERLAN, M. C.; PASTURA, F. ; PAIXAO, L. . 3D Virtual Environment System Applied to Aging Study - Biomechanical and Anthropometric Approach. Procedia Manufacturing, v. 3, p. 5551-5556, 2015.
- 4- [GUIMARÃES, C. P.](#); OLIVEIRA, M. R. R. ; PEREIRA, J. L. L. ; SILVA, M. H. G. E. ; PAIXAO, L. . Inovações Tecnológicas Aplicadas ao Desenvolvimento de Equipamentos de Competição para o Esporte Paralímpico. In: Andrea Deslandes; Lamartine Dacosta; Ana Miragaya. (Org.). O Futuro dos Megaeventos Esportivos. 1ed.Rio de Janeiro: Andrea Deslandes; Lamartien Dacosta; Ana Miragaya, 2015, v. 1, p. 1-496.
- 5 - [GUIMARÃES, C. P.](#); [ZAMBERLAN, M. C. P. L.](#) ; BALBIO, V. ; SANTOS, V. ; PARANHOS, A. G. ; PASTURA, F. C. ; [CID, G. L.](#) . Digital human model applied to training and education in sports. Digital human model applied to training and education in sports. 01ed.West Lafayette: AHFE Conference © 2014, 2014, v. 03, p. 01-157.
- 6 - OLIVEIRA, C. S. ; XAVIER, A. P. ; SIQUEIRA NETO, A. ; GUIMARÃES, C. P. ; CORREA, S. C. . Aprimoramento do Lance Livre do Basquetebol através da Tecnologia Digital Moderna. In: Universidade Santa Ursula. (Org.). Fórum de estudos olímpicos 2017: Livro de resumos: / Universidade Santa Úrsula. ? Rio de Janeiro : USU, 2017. 1ed.Rio de Janeiro: Universidade Santa Ursula, 2017, v. 1, p. 30-.
- 7 - SILVA, J. C.; SANTOS, M. C. ; GUIMARÃES, C. P. MELO, M. R. ; OLIVEIRA, M. R. R. . Inclusão escolar de alunos com deficiência através do paradesporto. Educação e Cultura Contemporânea, v. 14, p. 316-330, 2017
- 8 - XAVIER, A. P. ; SIQUEIRA NETO, A. ; SALLES, R. ; OLIVEIRA, C. S. ; GUIMARÃES, C. P.; CORREA, S. C. . Tecnologia Digital Moderna aplicada ao treinamento da esgrima. In: Universidade Santa Ursula. (Org.). Fórum de estudos olímpicos 2017: Livro de resumos: / Universidade Santa Úrsula. Rio de Janeiro : USU, 2017. 1ed.Rio de Janeiro: Universidade Santa Ursula, 2017, v. 1, p. 31-.

## **Projeto 15: Aproveitamento de resíduos com carga orgânica na indústria de cerâmica vermelha na fabricação de blocos cerâmicos.**

### **Introdução**

Ao se constituírem como passivo ambiental, diversos resíduos industriais orgânicos podem trazer danos ao solo, aos recursos hídricos, e ainda contribuir para a emissão de gases de efeito estufa e com o aquecimento global. O projeto em questão estuda o aproveitamento de tais resíduos, quer sejam de origem industrial, agrícola ou pecuária, na fabricação de artigos cerâmicos.

O setor de cerâmica vermelha, que conta atualmente com cerca de 7.000 indústrias distribuídas por todo país (ANICER, 2017), apresenta um potencial apreciável para incorporar tais resíduos em seus processos fabris, o que deve trazer ganhos importantes em termos de economia de energia para as empresas e melhoria da qualidade dos produtos finais das empresas.

Estudos prévios foram realizados buscando sempre a melhor aplicação dos resíduos industriais e/ou agroindustriais à mistura de argila para a produção de blocos cerâmicos, tais como os realizados por COUTINHO e VIEIRA (2016), FERREIRA (2012) e HENRIQUES JR. *et al.* (1991), e que demonstraram que os produtos cerâmicos finais podem ter melhorias em algumas características físico-químicas, como por exemplo um aumento da resistência mecânica e da porosidade de tijolos, o que constitui um ponto extremamente interessante.

O estudo aqui proposto, a partir da seleção e priorização de resíduos com boa disponibilidade e com características prévias mais adequadas, tais como, elevado teor de material orgânico e sem riscos para a saúde e o meio ambiente, busca desenvolver experimentos laboratoriais processando misturas com argila em teores distintos, visando definir faixas ideais ou limites máximos de adição, de forma a garantir ou mesmo melhorar as características finais dos produtos cerâmicos (blocos e/ou outras peças). De acordo com a literatura, os resíduos potenciais para uso neste projeto poderão ser: lama de alto forno de siderurgia, casca de coco/bagaço de cana e resíduo da fabricação de papel e celulose.

A pesquisa, após seleção prévia de tipos de resíduos e sua disponibilidade, se dará em bancada laboratorial, reproduzindo misturas (traços de diferentes tipos de argila) que se dão em escala industrial. Os resíduos com carga orgânica selecionados serão inicialmente avaliados quimicamente, de modo a verificar se há a presença de materiais orgânicos perigosos ou de metais pesados, que poderiam exigir tratamento diferenciado ou mesmo inviabilizar o seu emprego.

O ganho esperado em termos de energia se daria através do aproveitamento da carga orgânica existente que seria parte do conteúdo energético empregado no processo de sinterização das peças cerâmicas, geralmente processadas em fornos industriais alimentados por lenha e outras biomassas. Portanto, o processo de adição de resíduos acarreta um menor *input* de energia necessárias para o processo. Consequência deste aproveitamento seria a eliminação de produtos poluentes, que atualmente apresentam um significativo passivo ambiental, de uma forma ambientalmente segura.

**Palavras-chave:** resíduos; energia; cerâmica.

### **Objetivo Geral**

Investigar a adição de resíduos industriais e/ou agroindustriais com presença de carga orgânica, em misturas com massas argilosas para a produção de blocos de

cerâmica vermelha, através de experimentos laboratoriais, visando identificar possíveis ganhos em termos de economia de energia no processo de sinterização e a melhoria na qualidade dos produtos.

**Objetivo Específico 1:** Identificar e priorizar as matérias-primas residuais com potencial para estudo de bancada de acordo com o teor de carga orgânica e de outros componentes que viabilizem uso seguro dos materiais.

**Objetivo Específico 2:** Realizar estudo experimental em bancada da produção de blocos cerâmicos em dimensões reduzidas com a adição de resíduo à massa cerâmica para avaliação de características físico-químicas e demais parâmetros de qualidade.

**Objetivo Específico 3:** Avaliar a economia de energia em função dos ensaios de laboratório e sua extrapolação/impactos no mercado brasileiro diante da oferta regionalizada dos resíduos utilizados.

### Bolsas

Para a execução deste projeto considera-se a necessidade de bolsa(s) conforme discriminação a seguir:

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química/Graduação	Aproveitamento de energia	1-3	D-D	60	1

### Atividades de Execução

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

**Atividade 1** – Levantamento inicial e seleção:

Pesquisa bibliográfica e em banco de dados sobre a disponibilidade de resíduos a serem estudados e o teor de carga orgânica dos mesmos e definição dos resíduos a serem utilizados;

**Atividade 2** – Obtenção e caracterização de materiais:

Obtenção da quantidade necessária de matéria-prima (argilas) para realização do experimento e caracterização através de análises como análise granulométrica, DRX, FRX, TGA, entre outras pertinentes, e dos resíduos selecionados (até 03);

**Atividade 3** – Produção de blocos (miniaturas):

Produção de blocos cerâmicos miniaturizados através do preparo de peças por extrusão nas composições estabelecidas e, secagem e queima das mesmas em temperatura a ser estabelecida;

**Atividade 4** – Análise e avaliação comparativa:

Realização de análises para avaliação da qualidade dos corpos de prova produzidos, tais como: perda de massa ao fogo, retração linear, absorção de água, tensão de ruptura à

compressão, dentre outras, e assim realizar avaliação comparativa dos resultados obtidos para estabelecimento das faixas ótimas de adição do resíduo à massa cerâmica;

**Atividade 5 – Lixiviação:**

Realização de análise de lixiviação e solubilização dos corpos de prova produzidos, quando necessário;

**Atividade 6 – Levantamento da oferta de resíduo e estimativa de economia de energia:**

Realização de levantamento bibliográfico da oferta dos resíduos estudados e estimativa da economia de energia obtida com a utilização dos mesmos;

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
1-Levantamento inicial e seleção	1	Relatório		
2-Obtenção e caracterização de materiais	1	Nº de materiais		
3- Produção de blocos	2	Relatório		
4-Análise e avaliação comparativa	2	Relatório		
5-Lixiviação	2	Relatório		1
6-Levantamento da oferta de resíduo e estimativa de economia de energia	3	Relatório	1	1

**Cronograma de Atividades**

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
1-Levantamento inicial e seleção				
2-Obtenção e caracterização de material				
3- Produção de blocos				
4-Análise e avaliação comparativa		x	x	
5-Lixiviação		x	x	
6-Levantamento da oferta de resíduo e estimativa de economia de energia		x	x	x

**Produtos**

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Produto 1	2-3	Nº de trabalhos aceitos/aprovados em congresso/eventos científicos		
Produto 2	2-3	Nº de notas técnicas produzidas	1	1
Produto 3	2-3	Nº de submissões de artigos	1	1

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Parceria com indústria	1-3	Nº de novas parcerias		
Parceria com universidade	1-3	Nº de parcerias		
Definição de materiais (resíduos)	1	Nº de resíduos selecionados		
Desenvolvimento de técnicas de pré-tratamento de resíduos para aproveitamento no processo estudado	1	Nº de técnicas desenvolvidas	1	2
Definição da faixa de adição/limite máximo de aplicação de resíduos	2	Nº de protótipos de peças cerâmicas	3	
Correlação dos resultados obtidos com a norma vigente de acordo com as peças produzidas	2	Relatório	1	
Identificação do potencial de economia de energia a ser aplicado regionalmente	3	Relatório	1	
Consolidação da capacitação técnico-científica em aproveitamento de resíduos	1-3	Nº de publicações totais	1	2
Prospecção de novos projetos (desdobramentos)	1-3	Nº de propostas submetidas no tema		1

### Equipe

Maurício F. Henriques Jr.  
 Joaquim Augusto P. Rodrigues  
 Marcia Carla R. de Oliveira

## Projeto 16: 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  $\alpha$ - $\beta$ -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.

### 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	
			2022	2023
Revisão bibliográfica	1	Relatório com a revisão bibliográfica	01	01
Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01	01
Treinamento operacional nos equipamentos	1	Relatório dos treinamentos realizados	NA	01
Levantamento de insumos	1	Planilha de insumos levantados	01	NA
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em cigarros	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	NA	01
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de cigarros comerciais	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de cigarros comerciais	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01

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	01
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivado do tabaco	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivado do tabaco	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01
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	01
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal	1	Relatório dos resultados obtidos	NA	01

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

NA – Não Aplicável

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

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

Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de aditivos em produtos derivados do tabaco			x	
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de produtos derivados do tabaco				x
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivados do tabaco				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
Elucidação estrutural dos aditivos detectados em amostras de produtos derivados do tabaco comercializados no mercado informal				x
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)		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
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos			x	x
Elaboração e submissão de artigos científicos				x
Elaboração do relatório final do projeto				x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	00	02
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	00	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

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
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 (DIQIM/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	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	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 17: Tecnologias analíticas para tabaco e derivados.

### Introdução

A OMS indica o tabaco com um fator de risco para seis das oito principais causas de morte no mundo, matando uma pessoa a cada seis segundos causando mais de cinco milhões de falecimentos, com previsão de mais de oito milhões em 2030 se nenhuma medida for tomada. Considerando os impactos gerados a saúde em decorrência da utilização de produtos derivados do tabaco; considerando que a análise dos conteúdos e emissões dos derivados do tabaco é uma ferramenta fundamental para a avaliação dos riscos associados a estes produtos; considerando a complexidade técnica exigida em análises desta natureza; considerando que muitos dos produtos derivados do tabaco demandam de análises criteriosas, principalmente do ponto de vista fiscal, há uma necessidade premissa de desenvolvimento de métodos analíticos e suas validações, seguindo normas de qualidade que garantirão a confiabilidade dos resultados das análises, tornando-os compatíveis com os padrões internacionais, de forma que possam gerar o conhecimento do produto e corroborar com ações de vigilância sanitária.

Nesse contexto, o Instituto Nacional de Tecnologia tem em sua estrutura o Laboratório de Tabaco e Derivados (LATAB) que tem trabalhado em projetos de pesquisa utilizando o tabaco como sua matriz principal.

### Palavras-chave

**Objetivo Específico 1:** *agrotóxicos; HPAs; cromatografia a gás; cromatografia a líquido; tabaco.*

**Objetivo Específico 2:** *nitrosaminas; nicotina; umectantes; cromatografia a gás; cromatografia a líquido; tabaco.*

### Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento e validação de metodologias analíticas que serão utilizadas na determinação de diferentes constituintes em tabaco e produtos derivados, possibilitando à aplicação de metodologias alternativas às preconizadas e controle para novos parâmetros ainda não normatizados.

**Objetivo Específico 1:** Avaliação de agrotóxicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em tabaco e produtos derivados.

**Objetivo Específico 2:** Avaliação de metodologias analíticas para identificação e quantificação de TSNAs, umectantes, nicotina e seus metabólitos em tabaco e produtos derivados.

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

Formação	Área de	Objetivo	PCI	Meses	quantidade
----------	---------	----------	-----	-------	------------

Acadêmica / Titulação	Experiência	Específico	categoria/nível		
Graduado em Química/Química Industrial e Farmácia	Cromatografia a gás e/ou Cromatografia a líquido	1	DD	18	01
Graduado em Química/Química Industrial e Farmácia	Cromatografia a gás e/ou Cromatografia a líquido	2	DD	18	01

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Revisão bibliográfica	1	Relatório com a revisão bibliográfica	01	01
Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01	01
Levantamento de insumos	1	Planilha de insumos levantados	01	-
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório dos treinamentos realizados	-	01
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de agrotóxicos *	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	-	-
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para a avaliação de HPAs*	1	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	-	-
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	1	Apresentação oral	01	01
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras*	1	Relatório dos resultados obtidos	-	-
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)	1	Relatórios elaborados	01	02
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	1	Trabalhos elaborados para eventos científicos	-	02
Elaboração e submissão de artigos científicos	1	Artigo científico elaborado e submetido	-	02

Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	-	01
Revisão bibliográfica	2	Relatório com a revisão bibliográfica	01	01
Planejamento das etapas experimentais	2	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01	-
Levantamento de insumos	2	Planilha de insumos levantados	01	-
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório dos treinamentos realizados	-	01
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de TSNAs*	2	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	-	-
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de umectantes*	2	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	-	-
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de nicotina e seus metabólitos*	2	Métodos desenvolvidos e resultados da validação	-	-
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	2	Apresentação oral	01	01
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras*	2	Relatório dos resultados obtidos	-	-
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)	2	Relatórios elaborados	01	02
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	2	Trabalhos elaborados para eventos científicos	-	02
Elaboração e submissão de artigos científicos	2	Artigo científico elaborado e submetido	-	02
Elaboração do relatório final do projeto	2	Relatório final do projeto	NA	01

\* Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.

NA – Não Aplicável

## Cronograma de Atividades

### Objetivo Específico 1

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica		x	x	x
Planejamento das etapas experimentais		x		
Levantamento de insumos		x		
Treinamento operacional nos equipamentos		x	NA	NA
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de agrotóxicos		x		
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para a avaliação de HPAs		x		
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras comerciais			x	
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)		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
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos para eventos científicos			x	
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	
Elaboração do relatório final do projeto				x

### Objetivo Específico 2

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica		x	x	x
Planejamento das etapas experimentais		x		
Levantamento de insumos		x		
Treinamento operacional nos equipamentos		x	NA	NA
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de TSNAs*		x		
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de umectantes*		x		
Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para avaliação de nicotina e seus metabólitos*		x		
Aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras comerciais			x	
Elaboração de relatórios parciais (semestral e anual)			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
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos para eventos científicos			x	
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	
Elaboração do relatório final do projeto				x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Relatórios	1	Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista	00	02
Apresentações dentro da divisão/instituição	1	Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	00	02
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	00	01
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	00	01
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	00	01
Relatórios	2	Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista	00	02
Apresentações dentro da divisão/instituição	2	Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	00	01
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e/ou apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	2	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	00	01
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	00	01
Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	00	01

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para avaliação dos 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	<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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	04	05
Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	1	<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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	04	05
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para avaliação dos constituintes de tabaco e produtos derivados para auxiliar a erradicação do tabagismo e minimizar sua iniciação	2	-	-	-

<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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>04</p>	<p>05</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</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>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>04</p>	<p>05</p>

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

**Membros da equipe:**

**Objetivo específico 1:**

Simone Carvalho Chiapetta  
 Vivianne Galvão Martins  
 Natália Guimarães de Figueiredo  
 Bolsista PCI- DD

**Objetivo específico 2:**

Simone Carvalho Chiapetta  
 Vivianne Galvão Martins  
 Natália Guimarães de Figueiredo  
 Bolsista PCI- DD

### **Objetivo específico 3:**

Simone Carvalho Chiapetta

Vivianne Galvão Martins

Natália Guimarães de Figueiredo

Bolsista PCI- DD

### **Referências Bibliográficas**

#### Objetivo específico 1

[1] ZHA, Q., QIAN, N. X., MOLDOVEANU, S. C. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in the particulate phase of cigarette smoke using a gas chromatographic-high resolution mass spectrographic technique. *Journal of Chromatographic Science*, v. 40, p. 403-408, 2002.

[2] SEPETDJIAN, E., SHIHADDEH, A., SALIDA, N. A. Measurement of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in narghile waterpipe tobacco smoke. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, p. 1582-1590, 2008.

[3] TROIAN, A; OLIVEIRA, S.V; DALCIN, D.; EICHLER, L.M.; uso de agrotóxicos na produção de fumo: algumas percepções de agricultores da comunidade cândido brum, no município de arvorezinha (RS). Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 26 a 30 de julho de 2009.

[4] PINHO, G. P.; SILVÉRIO, F. O.; NEVES, A.A.; . QUEIROZ M.E, L. R.; STARLING, M.A.V.M. Influência dos constituintes químicos dos extratos de diferentes matrizes na resposta cromatográfica de agrotóxicos. *Química nova*, Vol. 33, No. 4, 909-913, 2010.

#### Objetivo específico 2

[1] BALBANI, A. P. S.; MONTOVANI, J. C. Métodos para abandono do tabagismo e tratamento da dependência da nicotina. *Rev Bras Otorrinolaringol*, v.71, n.6, p. 820-7,2005.

[2] NOWITZ, N. L.; HUKKANEN, J.; JACOB, P. Nicotine Chemistry, Metabolism, Kinetics and Biomarkers. In: *Nicotine Psychopharmacology (Handbook of Experimental Pharmacology*, Vol. 192). Berlin: Springer-Verlag, p. 29-60, 2009.

[3] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans-smokeless tobacco and some tobacco-specific N-nitrosamines, vol. 89, Lyon, 2007.

[4] PÉREZ-ORTUÑO, R. et al. Assessment of tobacco specific nitrosamines (TSNAs) in oral fluids biomarkers of cancer risk: A population-based study. *Environmental Research*, v. 151, p. 635-641, 2016.

[5] RAINEY, C. L. et al. Quantitative Analysis of Humectants in Tobacco Products Using Gas Chromatography (GC) with Simultaneous Mass Spectrometry (MSD) and Flame Ionization Detection (FID). *Beiträge zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research*, v. 25, n. 6, p. 576-585, 2013.

[6] JANSEN, E. et al. Stability and Concentrations of Humectants in Tobacco. J Anal Bioanal Tech, v. 8, n. 5, 2017.

### Objetivo específico 3

[1] JANSEN, E., et al. Simple Determination of Sugars in Cigarettes. Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques, v. 5, n. 6, p. 1, 2014.

[2] VARGAS, S. T; PEREIRA, F. G.L; CARLETTO, J. P. M., CHIAPETTA, S. C., NETTO, A. D. Desenvolvimento de método para determinação de açúcares em cigarros por adição padrão utilizando UPLC-ELSD. In. reunião anual da sociedade brasileira de química SBQ, 37<sup>a</sup>, 2014. Natal. Anais... Natal: SBQ. 2014.

[3] PAUMGARTTEN, Francisco José Roma; GOMES-CARNEIRO, Maria Regina; OLIVEIRA, Ana Cecília Amado Xavier de. O impacto dos aditivos do tabaco na toxicidade da fumaça do cigarro: uma avaliação crítica dos estudos patrocinados pela indústria do fumo. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 33, supl. 3, e00132415, 2017.

## Projeto 18: 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.

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, aplicadas 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 1 e 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 à 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.

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

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	
			2022	2023
Revisão bibliográfica – Estado da arte	2	Relatório com a revisão bibliográfica	NA	NA

Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório dos treinamentos realizados	NA	NA
Captação das amostras sálvia botanicamente identificada e amostras comerciais	2	Obtenção das amostras de sálvia	NA	NA
Preparo e caracterização das infusões	2	Perfil de compostos fenólicos por HPLC-MS e Capacidade antioxidante por FRAP, DPPH e ABTS	NA	NA
Estudo dos componentes voláteis nas infusões	2	Perfil volátil por SPME-GC-MS	NA	NA
Hidrodestilação das amostras	2	Obtenção das condições operacionais para a obtenção do óleo essencial	NA	NA
Caracterização química dos óleos essenciais	2	Perfil de compostos voláteis por CG-MS e Capacidade antioxidante por DPPH	NA	NA
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	2	Trabalhos elaborados para eventos científicos	-	02
Elaboração e submissão de artigos científicos	2	Artigo científico elaborado e submetido	-	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	2	Relatórios elaborados	01	-
Elaboração do relatório final do projeto	2	Relatório final do projeto	-	01

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

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 2

Atividades	2022		2023	
	Semestres			
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x	x	x	x
Treinamento operacional nos equipamentos		x		
Captação das amostras de sálvia botanicamente identificada e amostras comerciais		x		
Preparo e caracterização das infusões		x	x	
Estudo dos componentes voláteis nas infusões			x	
Hidrodestilação das amostras			x	
Caracterização química dos óleos essenciais			x	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos			x	x
Elaboração e submissão de artigos científicos			x	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)		x		
Elaboração do relatório final do projeto				x

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	-	01

Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	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		02

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Relevância para a sociedade: Caracterização de compostos potencialmente benéficos à saúde presentes nas frações de plantas medicinais (infusões e óleo essencial de cada espécie)*	2	-	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	2	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista	01	04

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	2	<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>	01	04
---	---	---	----	----

\*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.

### Objetivo específico 2:

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami

### 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 19:** O estudo do movimento aplicado na análise biomecânica e funcional de praticantes de atividade física, esporte social, envelhecimento, atletas de alta performance e na usabilidade de produtos na prática da atividade física e de trabalho e em tecnologia assistiva

### **Introdução**

Atualmente a integração do conhecimento científico advindo da análise biomecânica vem encontrando grandes desafios nas mais diversas áreas de conhecimento. Há ausência de evidências concretas acerca da utilização, que os profissionais de Educação Física ou mesmo da área de saúde e de projeto fazem dos conhecimentos científicos advindos da Biomecânica na sua prática diária de trabalho e no desenvolvimento de produtos e serviços. Outra questão importante a ser salientada é a cooperação e integração do projeto social desenvolvido pelo Instituto Mangueira do Futuro em parceria com o Instituto Nacional de Tecnologia, o que possibilitou no ano de 2017, que fosse instalado na sede da Vila Olímpica da Mangueira, o CEMOV – Centro de Estudo do movimento – laboratório de biomecânica, com tecnologias de captura e análise do movimento 3D de última geração para serem aplicados nas diferentes áreas de atuação do Instituto Mangueira do futuro e do INT, como desporto, atividades físicas para idosos e pessoas com deficiência e usuários de produtos em geral. Também salientamos que o INT mantém um dos Núcleos de Tecnologia Assistiva do MCTI, no âmbito do programa **Viver Sem Limites**, do governo federal. O Núcleo de Tecnologia Assistiva do INT – NuTA - tem por objetivo o desenvolvimento de tecnologias para atender as necessidades de pessoas com deficiência, em três linhas: Mobilidade e Esporte, Educação Inclusiva e Articulação. Atualmente a coordenadora e servidora do INT Carla Guimarães coordena um projeto de pesquisa com auxílio da FAPERJ e participa como colaboradora em projeto desenvolvido com idosos pelo IPUB/UFRJ

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral é desenvolver e aplicar tecnologias 3D utilizadas pela Biomecânica a fim de colaborar com o aprimoramento de modalidades esportivas, estudos do envelhecimento, trabalho, tecnologia assistiva e usabilidade, cada qual em sua necessidade e especificidade.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolver metodologias de análise Biomecânica aplicada a cada grupo ou produto analisado utilizando-se das tecnologias presentes no CEMOV;

**Objetivo Específico 2:** Analisar biomecanicamente movimentos de diferentes esportes convencionais e paraolímpicos e acompanhar a evolução dos movimentos conforme os atletas progridem nas categorias de base (iniciando pelo basquete já que a modalidade é exponencial na Vila Olímpica da Mangueira);

**Objetivo Específico 3:** Analisar biomecanicamente movimentos de diferentes práticas vinculadas ao envelhecimento e acompanhar a evolução do declínio motor nos próximos anos (parceria com o IPUB/UFRJ no projeto de biomarcadores motores ligados a transtorno cognitivos em idosos, sendo este um projeto de acompanhamento em 4 anos com avaliações anuais);

**Objetivo Específico 4:** Auxiliar no estudo da usabilidade através de análise Biomecânica aplicada a produtos ou usuários de produtos analisados (como exemplo

auxiliar do estudo da usabilidade de andadores em desenvolvimento pela DIDIN/INT e usabilidade da cadeira de rodas utilizadas por atletas paraolímpicos);

**Objetivo Específico 5:** Capacitar profissionais para o uso das tecnologias disponíveis no CEMOV (dessa forma tem-se maior auxílio e torna-se disponível a mais grupos a utilização dos equipamentos);

**Objetivo Específico 6:** Capacitar profissionais para o uso das tecnologias disponíveis no CEMOV (dessa forma tem-se maior auxílio e torna-se disponível a mais grupos a utilização dos equipamentos);

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Obj Esp	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
graduado em Educação Física ou Fisioterapia	Educação Física	1	DD	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de execução ligadas aos Objetivos Específicos 2, 3 e 4 são atividades de acompanhamento anual e, portanto, acontecerão em todo o período do projeto (sendo as avaliações divididas em inicial, de acompanhamento 1, 2 e 3 e final).

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
21 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	
22 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	3	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	
23 – Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens	X	

24 - Processamento dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
25 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	3	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
26 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo os resultados encontrados	X	
27 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
28 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	3	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
29 – Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo as atividades desenvolvidas com imagens		X
30 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	2	Relatórios contendo os resultados encontrados		X
31 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	3	Relatórios contendo os resultados encontrados		X
32 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	4	Relatórios contendo os resultados encontrados		X

33 - Propor e desenvolver metodologias de análise de produtos para esporte paraolímpico e tecnologia assistiva	4	Relatórios contendo as metodologias desenvolvidas		X
34 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos atletas	6	Sistema 3D disponível para computadores e celulares		X
35 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos idosos	6	Sistema 3D disponível para computadores e celulares		X

### Cronograma de Atividades

Atividades	2022		2023	
	2	1	2	
21 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	X			
22 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos	X			
23 - Coleta de dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	X			
24 - Processamento dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas	X			
25 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos	X			
26 - Processamentos dos dados DE ACOMPANHAMENTO 3 (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos	X			
27 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas		X		
28 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de idosos		X		
29 - Coleta de dados FINAL (cinemáticos, cinéticos e de rastreamento de olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos		X		
30 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de atletas				X
31 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de idosos				X
32 - Processamentos dos dados FINAIS (cinemáticos e cinéticos e de rastreamento do olhar) de pacientes que fazem uso de andadores e/ou outros produtos				X
33 - Propor e desenvolver metodologias de análise de produtos para esporte paraolímpico e tecnologia assistiva				X
34 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos atletas		X	X	
35 - Desenvolvimento do sistema interativo 3D com os dados dos idosos		X	X	

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Artigo descrevendo e comparando os resultados dos atletas	1, 2	Publicação do artigo		X
Capacitação de pesquisadores e alunos	5	Manual do curso de capacitação para cerca de 50 pessoas		
Desenvolvimento de produtos em tecnologia assistiva	1, 4, 6	Desenhos 3D esquemáticos	X	
Desenvolvimento de produtos em esporte paraolímpico	4	Desenhos 3D esquemáticos	X	
Sistemas interativos 3D aplicado ao esporte	1, 2, 6	Publicação de artigo sobre o desenvolvimento do sistema		X
Sistemas interativos 3D aplicado ao envelhecimento	1, 3, 6	Publicação de artigo sobre o desenvolvimento do sistema e sobre o desempenho dos participantes		X

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2022	2023
Capacitação dos pesquisadores e alunos	5	Uso adequado das tecnologias presentes no CEMOV pelos participantes da capacitação	X	X
Diagnostico inicial das metodologias e produtos de tecnologia assistiva e envelhecimento	1, 4	Uso dos resultados para melhorias nos equipamentos de tecnologia assistiva	X	
Diagnostico inicial das metodologias e dados de atletas paraolímpicos	1, 2, 4	Uso das informações pela equipe técnica e atletas	X	
Disponibilização do sistema interativo 3D aos treinadores e atletas	1, 2, 6	Uso da ferramenta pela equipe técnica e atletas		X
Disponibilização do Sistema interativo 3D aos profissionais que lidam com o envelhecimento	1, 3, 6	Uso da ferramenta pela equipe multidisciplinar que atua com envelhecimento		X

### Referências Bibliográficas

- [1- GUIMARÃES, C. P.](#); LAMOSA, J. L. ; OLIVEIRA, M. R. ; SILVA, M. H. G. E. . Metodologia de projeto ergonômico aplicada ao desenvolvimento de bancos de arremesso de atletas paraolímpicos - dx.doi.org/10.14571/brajets.v11.n1, v. 11, p. 37-48, 2018.
- [2 - GUIMARAES, C.P;](#) GL, CID . Caregivers and Old People - Digital Platform for Education and Training. JOURNAL OF COMMUNITY MEDICINE & HEALTH EDUCATION, v. 6, p. 1-5, 2016.
- [3 - GUIMARAES, C.P.](#); BALBIO, V. ; CID, G. ; ZAMBERLAN, M. C.; PASTURA, F. ; PAIXAO, L. . 3D Virtual Environment System Applied to Aging Study -

Biomechanical and Anthropometric Approach. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 5551-5556, 2015.

4- [GUIMARÃES, C. P.](#); OLIVEIRA, M. R. R. ; PEREIRA, J. L. L. ; SILVA, M. H. G. E. ; PAIXAO, L. . Inovações Tecnológicas Aplicadas ao Desenvolvimento de Equipamentos de Competição para o Esporte Paralímpico. In: Andrea Deslandes; Lamartine Dacosta; Ana Miragaya. (Org.). *O Futuro dos Megaeventos Esportivos*. 1ed. Rio de Janeiro: Andrea Deslandes; Lamartien Dacosta; Ana Miragaya, 2015, v. 1, p. 1-496.

5 - [GUIMARÃES, C. P.](#); [ZAMBERLAN, M. C. P. L.](#) ; BALBIO, V. ; SANTOS, V. ; PARANHOS, A. G. ; PASTURA, F. C. ; [CID, G. L.](#) . Digital human model applied to training and education in sports. *Digital human model applied to training and education in sports*. 01ed. West Lafayette: AHFE Conference © 2014, 2014, v. 03, p. 01-157.

6 - OLIVEIRA, C. S. ; XAVIER, A. P. ; SIQUEIRA NETO, A. ; GUIMARÃES, C. P. ; CORREA, S. C. . Aprimoramento do Lance Livre do Basquetebol através da Tecnologia Digital Moderna. In: Universidade Santa Ursula. (Org.). *Fórum de estudos olímpicos 2017: Livro de resumos: / Universidade Santa Úrsula. ? Rio de Janeiro : USU, 2017*. 1ed. Rio de Janeiro: Universidade Santa Ursula, 2017, v. 1, p. 30-.

7 - SILVA, J. C.; SANTOS, M. C. ; GUIMARÃES, C. P. MELO, M. R. ; OLIVEIRA, M. R. R. . Inclusão escolar de alunos com deficiência através do paradesporto. *Educação e Cultura Contemporânea*, v. 14, p. 316-330, 2017

8 - XAVIER, A. P. ; SIQUEIRA NETO, A. ; SALLES, R. ; OLIVEIRA, C. S. ; GUIMARÃES, C. P.; CORREA, S. C. . Tecnologia Digital Moderna aplicada ao treinamento da esgrima. In: Universidade Santa Ursula. (Org.). *Fórum de estudos olímpicos 2017: Livro de resumos: / Universidade Santa Úrsula. Rio de Janeiro : USU, 2017*. 1ed. Rio de Janeiro: Universidade Santa Ursula, 2017, v. 1, p. 31-.

## **Projeto 20: Desenvolvimento de betumes sintéticos, e outros produtos, a partir de resíduos sólidos termoplásticos e óleos não alimentícios, pós-consumidos**

### **Introdução**

O craqueamento catalítico do petróleo produz como produto final, uma borra extremamente viscosa denominada betume. Esta borra é destinada à indústria da construção civil, que a utiliza principalmente como elemento aglutinante de sólidos minerais na preparação do cimento asfáltico de pavimentação (CAP). As características do petróleo do qual o betume é oriundo, fornece a esse material, características e propriedades únicas, principalmente no que se refere ao seu comportamento diante da variação de temperatura ambiente. A diversidade de comportamento, porém, resulta em dificuldade de sua utilização em virtude unicidade desses betumes.

Na tentativa de contornar os problemas adversos apresentados pelos betumes, vem sendo desenvolvido em laboratórios, um material aglutinante, os chamados binders ou betumes sintéticos, para a finalidade descrita, com características e propriedades semelhantes aos dos betumes. Esses materiais apresentam como vantagem a possibilidade de controle das propriedades desejadas, obtidas pelo uso matérias-primas com características escolhidas, que tendem a fornecer um produto final com as características requeridas pelo uso. Além disso, é possível produzi-los a partir de matérias-primas oriundas do resíduo sólido pós-consumido, urbano ou industrial, descartado muitas vezes inadequadamente no meio ambiente. Igualmente, é possível minimizar pelo menos dois problemas, através do desenvolvimento não só de binders sintéticos, mas de todo um espectro de produtos originado dessas misturas.

**Palavras-chave:** Binder, Betume sintético, Resíduo sólido termoplástico pós-consumido, Análise Termoreológica

### **Objetivo Geral**

Desenvolver e caracterizar novos materiais (binders e graxas sintéticas entre outros produtos) a partir da mistura de termoplásticos, óleos industriais e ligantes poliméricos, pós-consumidos.

**Objetivo específico 1-** Desenvolver binders, graxas sintéticas entre outros produtos, a partir de misturas de polímeros termoplásticos tais como, polietileno, polipropileno, poliestireno e outros, com óleos industriais tais como os automotivos, acrescidos ou não de um terceiro componente polimérico.

**Objetivo específico 2-** Caracterizar química, física e fisioquimicamente os produtos desenvolvidos.

**Objetivo específico 3-** Avaliar térmica e termoreologicamente as propriedades dos produtos desenvolvidos.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química ou Engenharia Química / Recém-formado	Pesquisa e Desenvolvidos em Química Orgânica e Química de Polímeros	1, 2 e 3	D-D	60	1
Química ou Engenharia Química / Mestre acadêmico	Pesquisa e Desenvolvidos em Química Orgânica e Ciência e Tecnologia de polímeros	1, 2 e 3	D-C	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Pesquisa bibliográfica – Levantamento do Estado da arte sobre betumes e binders; das metodologias para caracterização química e físico-química dos termoplásticos e óleos industriais, e metodologias de obtenção dos binders.	1, 2 e 3	Journal de Dados (JD)	2	3

Aquisição dos termoplásticos e óleos industriais a serem usados nas preparações dos binders. Caracterizações químicas e físico-químicas baseadas nas metodologias obtidas na literatura.	1, 2 e 3	JD e Relatório Atividades Técnicas Intermediárias (RAT-I)	-	-
Elaboração de procedimentos experimentais para obtenção dos binders.	1	JD e RAT-I	-	-
Produção dos binders seguindo os procedimentos experimentais elaborados. Obtenção dos resultados das reações de preparação.	1	JD e RAT-I	10	10
Discussão de resultados parciais obtidos nas caracterizações dos termoplásticos, óleos industriais e nas reações de produção dos binders.	1	Redação do RAT Parcial (RAT-P)	-	-
Caracterização química, física e físico-química dos binders obtidos nas reações.	2	JD e RAT-I	25	25
Caracterização térmica e termorreológica dos binders obtidos nas reações.	3	JD, RAT-I e Redação de Material Científico para publicação e apresentações em congressos	10	10
Discussão de resultados totais. Correlação entre resultados parciais e finais.	1, 2 e 3	Redação do RAT Final (RAT-F)	-	1

Participação em eventos científicos	2 e 3	Redação de Material Científico para publicação e apresentações em congressos	2	2
-------------------------------------	-------	--	---	---

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Pesquisa bibliográfica – Levantamento do Estado da arte sobre betumes e binders; das metodologias para caracterização química e físico-química dos termoplásticos e óleos industriais, e metodologias de obtenção dos binders.	x	x	x	x
Aquisição dos termoplásticos e óleos industriais a serem usados nas preparações dos binders. Caracterizações químicas e físico-químicas baseadas nas metodologias obtidas na literatura.	x	x	x	-
Elaboração de procedimentos experimentais para obtenção dos binders.	x	x	x	-

Produção dos binders seguindo os procedimentos experimentais elaborados. Obtenção dos resultados das reações de preparação.	X	X	X	X
Discussão de resultados parciais obtidos nas caracterizações dos termoplásticos, óleos industriais e nas reações de produção dos binders.	X	X	X	X
Caracterização química, física e físico-química dos binders obtidos nas reações.	X	X	X	X
Caracterização térmica e termorreológica dos binders obtidos nas reações.	-	X	X	X
Discussão de resultados totais. Correlação entre resultados parciais e finais.	-	-	X	X
Participação em eventos científicos	X	X	X	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
JD	1, 2 e 3	Nº de JD	2	4
RAT	1, 2 e 3	Nº de RAT (I; P e F)	2 I	3 I + 1 F
Artigos Científicos	1, 2 e 3	Nº de Artigos	x	1
Resumos para Congressos	1, 2 e 3	Nº de Resumos	2	2

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Atualização da literatura sobre o assunto, através da pesquisa bibliográfica	1, 2 e 3	JD	2	4
Seleção das melhores matérias primas para cada produto desenvolvido	1	JD e RAT-I	x	-
Metodologias desenvolvidas e validadas para cada produto desenvolvido	1	JD, RAT-I e publicação e aceite de resumos em congressos	x	x
Divulgação de resultados	1, 2 e 3	Publicação de aceite de resumos em congressos, participação em eventos científicos, pedidos de concessões	2	2
Aprimoramento profissional dos bolsistas	1, 2 e 3	Apresentações orais em JD e congressos, aprimoramento da escrita através da redação de resumos, artigos e patentes	2	2

**Equipe:** Valéria G Costa ; Ricardo da S Souza; 01 bolsista D-D; 01 bolsista D-C

### Referências Bibliográficas

[1] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y., Silva, A. L. N. and Costa, V. G.; Thermal and Rheological Formulation and Evaluation of Synthetic Bitumen from Reprocessed Polypropylene and Oil. International Journal of Polymer Science 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/7940857>



[2] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y. and Costa, V. G.; Avaliação térmica de Betumes sintéticos formulados a partir de Polipropileno e óleo parafínicos pós-consumidos. Anais do XI Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria, Rio de Janeiro, abr 2018.

[3] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y. and Costa, V. G.; Avaliação Reológica Binders Poliméricos Formulados A Partir De Óleo E Polipropileno Pós-Consumidos. Anais do iV Congresso Brasileiro de Reologia, Rio de Janeiro, abr 2017.

## **Projeto 21: Estudo de nova metodologia de diagnóstico e controle da biocorrosão através de técnicas de biologia molecular**

### **Introdução**

Anualmente são gastos bilhões de dólares no mundo para reposição de estruturas industriais, equipamentos e instalações que apresentaram falhas prematuras associadas à corrosão, incluindo a biocorrosão, ou que alcançaram o final de sua vida útil. Estima-se que só na indústria do petróleo, aproximadamente 40% da corrosão interna de dutos seja atribuída à corrosão induzida microbiologicamente (CIM) (Zhu, *et al.*, 2003). A CIM, ou biocorrosão, se distinguirá da eletroquímica por possuir os microrganismos influenciando os processos, seja pela ação de seus metabólitos agressivos, pelo processo de despolarização catódica ou pela criação de áreas de aeração diferencial causada pelo consumo desigual de oxigênio, em função da presença de células microbianas e produtos fortemente aderidos à superfície, os biofilmes.

A corrosão microbiológica pode causar danos às indústrias químicas, petroquímicas, civil, naval, alimentícias, entre outras. Como exemplo da ação da biocorrosão em tubulações destacamos a redução na velocidade de escoamento dos fluidos, decorrente do processo de incrustação nas paredes dos dutos, perda de produtos, através de vazamentos gerados pela corrosão gerando impacto ao meio ambiente e acarretando problemas como a perda da eficiência de equipamentos.

Destacamos 3 grupos microbianos importantes para a CIM: as bactérias redutoras de sulfato (BRS) são, em geral consideradas as mais comuns nos processos de CIM. As BRS são bactérias anaeróbicas que utilizam o sulfato como aceptor final de elétrons e substâncias orgânicas como fonte de carbono para o seu metabolismo. Outro grupo igualmente importante envolvido em processos de biocorrosão são as ferrobactérias. Esses microrganismos são aeróbios e obtêm a energia necessária ao seu metabolismo a partir da oxidação do íon ferroso a férrico. Em decorrência desse processo de oxidação, há a formação de hidróxidos de ferro, que por serem em geral insolúveis, precipitam sobre as superfícies, possibilitando a corrosão por aeração diferencial. Um grupo microbiano também envolvido nos processos de CIM é o das bactérias produtoras de ácido. Essas bactérias são capazes de excretar ácidos orgânicos como ácido acético, fórmico, lático como produtos do seu metabolismo. Esses ácidos apresentam dois papéis na CIM: atuam diretamente sobre as superfícies metálicas corroendo-as; e servem como fonte de energia para outros grupos microbianos como as BRS (Videla, 2003).

A detecção e a quantificação de microrganismos em amostras naturais e industriais são tradicionalmente baseadas no cultivo de bactérias, como nas técnicas do número mais provável (NMP) e das unidades formadoras de colônia (UFC). No entanto, o crescimento lento e estritamente anaeróbico das BRS dificulta a detecção e o isolamento destes microrganismos em meios de cultura. O cultivo de BRS necessita de um longo período de incubação (28 dias) para a obtenção dos resultados. Em alguns casos, como nas indústrias do setor de óleo e gás, o tempo prolongado para a detecção dos microrganismos retarda as ações preventivas e corretivas agravando o processo corrosivo.

Além de necessitar de um período de incubação, o cultivo de microrganismos em laboratório não reflete as reais condições do ambiente, apenas uma minoria das bactérias é capaz de crescer em meios de cultivo. Técnicas que utilizam o cultivo subestimam a complexidade das comunidades microbianas.

Para contornar as desvantagens do cultivo, técnicas biomoleculares têm sido empregadas para caracterizar comunidades bacterianas, geralmente baseadas na sequênciã do gene codificador de rRNA 16S.

Para um melhor diagnóstico dos processos corrosivos provocados pelos microrganismos, é fundamental a interpretação do conjunto dos resultados obtidos através das técnicas tradicionais, biomoleculares e microscópicas. Todos os objetivos específicos que serão apresentados visam uma melhor compreensão do fenômeno da biocorrosão e estão inter-relacionados. Com este projeto esperamos dar respostas mais rápidas e mais precisas para as indústrias afetadas com o fenômeno da biocorrosão.

**Palavras-chave:** Biocorrosão, novas técnicas de diagnóstico, biologia molecular

### Objetivo Geral

Desenvolver uma nova metodologia para a avaliação e o controle do fenômeno da biocorrosão em superfícies metálicas através de técnicas biomoleculares..

**Objetivo Específico 4:** Avaliar o potencial de aplicação da radiação UV-C para controle da formação de biofilme e da biocorrosão.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Biologia ou Microbiologia ou Engenharia química / Graduado	Biologia/biocorrosão	4	DC	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Revisão Bibliográfica	1-4	Relatório	1	1
Obtenção de amostras para os experimentos de avaliação da aplicação da radiação UV-C no controle da biocorrosão	4	Relatórios de resultados		
Experimentos em condições dinâmicas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	4	Relatórios de resultados	2	
Avaliação comparativa entre a aplicação da radiação UV-C e a adição de produtos biocidas através de microbiologia clássica e biologia molecular	4	Relatórios de resultados		2

## Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Revisão Bibliográfica	x	x	x	
Obtenção de amostras para os experimentos de avaliação da aplicação da radiação UV-C no controle da biocorrosão				
Experimentos em condições dinâmicas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	x	x		
Avaliação comparativa entre a aplicação da radiação UV-C e a adição de produtos biocidas através de microbiologia clássica e biologia molecular			x	x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores*	Metas	
			2022	2023
Eficiência da radiação UV-C no controle da biocorrosão	4	Artigo	1	1

\*Anais de Congresso, Revistas Científicas.

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2023
Avaliação de nova tecnologia para o controle da biocorrosão	4	Relatórios	1	1
Comprometimento do bolsista com os objetivos e resultados	1-4	Avaliação interna do laboratório	1	1
Conhecimento do bolsista no tema desenvolvido	1-4	Avaliação interna do laboratório	1	1

**Equipe:** Walter Barreiro Cravo Junior  
Maurício Magalhães de Paiva

## Referências bibliográficas

- Liengen, T., Féron, D., Bassegui, R. and Beech, Ib – 2014- Understanding Biocorrosion – Fundamentals and Application. Elsevir. European Federation of Corrosion
- Videla, H. A. 1988 – Corrosion microbiológica y biofouling. Um nuevo desafio para los tratamientos de águas industriais. Corrosion/Protection



-Torres, E.S. 2001 – Cinética de parâmetros microbiológicos na formação de biofilmes. Tese de Mestrado. Escola de Química – UFRJ. Programa EQ – ANP.

- Hubert, C. 2010. Microbial ecology of oil reservoir souring and its control by nitrate injection. *In: Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. K.N. Timmis (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 2753-2766

- Galvão, M. & Lutterbach, M. 2014. Application of the qPCR technique for SRB quantification in samples from oil and gas industries. *In: Applications of Molecular Microbiological Methods*. T.L. Skovhus, S.M. Caffrey, C.R.J. Hubert. Caister Academic Press.

**Projeto 22** - 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.

### Bolsas

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

## Atividades de Execução

**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	
			2022	2023
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
12	4	Relatório contendo a caracterização térmica, estrutural e reológica do material encapsulado.	-	1

## Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2022		2023	
	1	2	1	2
Atividades 8, 9 e 10	X	X		
Atividades 11 e 12			X	X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			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
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
Patente	2,3 e 4	Registro no INPI da entrada do pedido de privilégios e os relatórios de acompanhamento subsequentes	1	1

### 17.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			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	-	-

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)	2	-
Capacitação de profissionais e orientações	1, 2, 3 e 4	Projetos de PIBIC/PIBITI (a) apresentados em evento institucional (ENICITI), defendidos, relacionados aos temas estudados neste projeto. OBS: todos estes projetos seriam orientados pelo supervisor da bolsa e/ou pelo bolsista PCI contratado	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

### 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.